

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN MONISTESARJA

Nro 67

YMPÄRISTÖMYRKYISTÄ KOKEMÄENJOEN
VESISTÖN LIKAANTUNEILLA ALUEILLA

Kirsti Krogerus

~~A. I.~~
~~VESI~~

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN MONISTESARJA

Nro 67

YMPÄRISTÖMYRKYISTÄ KOKEMÄENJOEN
VESISTÖN LIKAANTUNEILLA ALUEILLA

Kirsti Krogerus

Vesi- ja ympäristöhallitus
Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri
Helsinki 1988

Tekijä on vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona. Julkaisua saa Tampereen vesi- ja ympäristöpiiristä.

ISBN 951-47-0282-4

ISSN 0783-3288

Painopaikka: Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo, Helsinki
1988

JulkaisijaJulkaisun päivämäärä

* Vesi- ja ympäristöhallitus

Tekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)

*
Krogerus Kirsti

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)

* Ympäristömyrkyistä Kokemäenjoen vesistön likaantuneilla alueilla
(Om miljögifter på förorenade områden i Kumo älvs vattendrag)

Julkaisun laji

Toimeksiantaja

Toimielimen asettamispvm

*

Julkaisun osat

*

Tiivistelmä

*

Sedimenttinäytteitä kerättiin 13 likaantuneesta ja 5 luonnontilaisena pidetystä järvestä. Haukia ja mateita pyydettiin 19 alueelta, jotka muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta olivat samoja kuin sedimenttitutkimuksessa. Jätevesien raskasmetallit määritettiin VYH:n tutkimuslaboratoriossa ja muiden näytteiden VTT:n elintarvikelaboratoriossa. Orgaaniset klooriyhdisteet määritettiin Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksessa. Näin haluttiin selvittää paljonko jätevesien kemikaalijäämiä on löydettävissä vesistöistä.

Asiasanat (avainsanat)

*

raskasmetallit, orgaaniset klooriyhdisteet

Muut tiedot

*

Sarjan nimi ja numero

ISBN

ISSN

* Vesi- ja ympäristöhallituksen
monistesarja nro 67

Kokonaissivumäärä

Kieli

Hinta

Luottamuksellisuus

*

103

suomi

julkinen

Jakaja

Kustantaja

*

Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri

Vesi- ja ympäristöhallitus

S I S Ä L L Y S

Sivu

1	JOHDANTO.....	7
2	TUTKIMUSALUE.....	9
2.1	Yleiskuvaus.....	9
2.2	Jätevesikuormitus.....	11
2.3	Veden laatu.....	15
3	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	20
3.1	Aineiston keruu.....	20
3.11	Jätevesinäytteet.....	20
3.12	Sedimenttinäytteet.....	21
3.13	Kalanäytteet.....	23
3.2	Analysointi.....	25
3.21	Raskasmetallit.....	25
3.22	Orgaaniset klooriyhdisteet.....	26
4	TULOKSET.....	28
4.1	Raskasmetallit.....	28
4.11	Jätevesi- ja sedimenttinäytteet.....	28
4.12	Kalanäytteet.....	32
4.2	Orgaaniset klooriyhdisteet.....	36
4.21	Jätevesi- ja sedimenttinäytteet.....	36
4.22	Kalanäytteet.....	38
5	TULOSTEN TARKASTELU.....	49
5.1	Elohopea.....	49
5.2	Muut raskasmetallit.....	52
5.3	Kloroformi.....	55
5.4	PCB.....	55
5.5	DDT, DDD ja DDE.....	57
5.6	Muut kloorihiilivedyt.....	59
5.7	Kloorifenolit.....	60
5.8	Mustien haukien myrkkyyjäämistä.....	64
5.9	Sedimentti- ja kalatutkimukset ympäristö- myrkkyyjäämien seurannassa.....	65
6	TIIVISTELMÄ.....	67
	KIRJALLISUUS.....	71
	LIITTEET.....	78

1 J O H D A N T O

Julkisuudessa on parina viimeisenä vuosikymmenenä puhuttu ympäristömyrkyistä. 1960-luvulla käsitteeseen liitettiin ensimmäisenä elohopea ja myöhemmin orgaanisista klooriyhdisteistä DDT sekä PCB-aineet. Näiden yhdisteiden havaittiin rikastuvan ravintoketjussa ja kertyvän ravintoketjun huipulla oleviin kaloihin, nisäkkäisiin ja mahdollisesti myös ihmiseen haitallisessa määrin. Japanissa oli todettu elohopean aiheuttavan ns. minamata -sairauden ihmisille. Itämeren eliöstä on analysoitu korkeita PCB ja DDT -pitoisuuksia. Näitä aineita pidetään mm. hylkeiden huonon lisääntymistuloksen syynä.

Ympäristömyrkyillä tarkoitetaan yleisesti sellaisia aineita, jotka hajoavat hitaasti luonnossa ja jotka voivat kertyä eliöihin siinä määrin, että haittaavat niiden elintoimintoja. Laajemmin ymmärrettynä ympäristömyrkyihin luetaan myös eliöille akuutisti myrkylliset aineet, vaikka ne eivät olisikaan ravintoketjussa rikastuvia tai hitaasti hajoavia.

Suomessa on muun maailman esimerkin mukaisesti valmisteilla ympäristölle vaarallisten aineiden luettelo hallinnollisia tarpeita varten, koska halutaan puuttua näiden aineiden käsittelyyn (Loikkanen 1985). Aineiden vaarallisuutta ympäristölle arvioidaan aineen fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien, pysyvyyden, myrkyllisyyden, kertyvyyden ja aineen käyttötarkoituksen, -tavan sekä -määrän perusteella.

Näihin päiviin asti on teollisuudessa keskitytty vähentämään kiintoainepäästöjä ja happea kuluttavaa orgaanista kuormitusta. Asumajätevesien puhdistuksessa on pyritty vähentämään orgaanista happea kuluttavaa kuormitusta sekä fosforikuormitusta. Huomion kohteeksi ovat lisäksi nousemassa ympäristömyrkyt. Kuitenkin tilanne on se, että niiden pitoisuuksista jätevesissä tahi vesistöissä on vain vähän tietoa. Yhtenä syy-

nä tähän on se, että orgaanisten klooriyhdisteiden analytiikka on kehittynyt vasta 1960-luvulla ja kloorifenolien osalta 1970-luvulla (Paasivirta 1981, 1984a). Tutkimukset ovat edelleen varsin kalliita.

Kokemäenjoen vesistössä teollisuuden ja asutuksen jäljet näkyvät; 1980-luvun alkupuoliskolla vesistön pinta-alasta (2 950 km²) oli selvästi likaantunutta vielä 6 % (Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri 1986). Kalojen korkeat elohopeapitoisuudet havaittiin jo 1960-luvulla. Elohopeaongelma ei ole vieläkään täysin väistynyt, vaikka päästöt ovat loppuneet. PCB-keskustelu virisi Nokian kondensaattoritehtaan päästöjen myötä ja toisaalla Toijalan edustalla mateissa todettujen korkeiden PCB-pitoisuuksien myötä. Samoihin aikoihin mustien haukien joutuminen kalastajien saaliiksi Valkeakosken alapuolisessa vesistössä vaati selvitystä.

Tässä tutkimuksessa on kartoitettu raskasmetalleista elimistölle kertyvien elohopean ja kadmiumin esiintymistä Kokemäenjoen vesistössä. Kromia, lyijyä, kuparia ja sinkkiä on myös tutkittu, vaikka ne eivät ole rikastuvia aineita. Orgaanisista yhdisteistä mielenkiinnon kohteena ovat olleet erityisesti selluloosan valkaisussa syntyvien kloroformin ja kloorifenolien esiintyminen. Osa kloorifenoleista on rikastuvia aineita, osa hajoaa varsin nopeasti. Kloorifenoleita joutuu vesistöön myös muista lähteistä. Julkisuudessa ehkä tunnetuin yhdisteryhmä on puun sinistymissuojauksessa käytetyt aineet. PCB-aineiden ja DDT:n sekä sen johdannaisten esiintymistä kartoitettaessa saatiin samalla tietoa eräiden muiden mm. torjunta-aineina käytettyjen orgaanisten klooriyhdisteiden pitoisuuksista.

Kokemäenjoen vesistössä on 1970-luvun loppupuolella kartoitettu kalojen raskasmetalli-, DDT- ja PCB-pitoisuuksia. Haukien elohopeapitoisuuksia on mitattu alueen kuntien toimesta varsin runsaasti 1980-luvulla. Elohopea-, DDT- ja PCB-pitoisuuksien kehittymisestä saadaan kuva nyt kerätyn aineiston avulla. Näiden aineiden käyttö on nykyisin periaatteessa päättynyt. Tampereella ja Tervakoskella sattuneet päästöt ovat toivottavasti poikkeuksia. Tämän työn tarkoituksena

on lisäksi selvittää onko jätevesien kemikaalijäämiä löydetävissä laajemmin vesistössä ja onko tällaisella kartoitusluonteisella tutkimuksella yleensä käyttöä päästöjen valvonnassa.

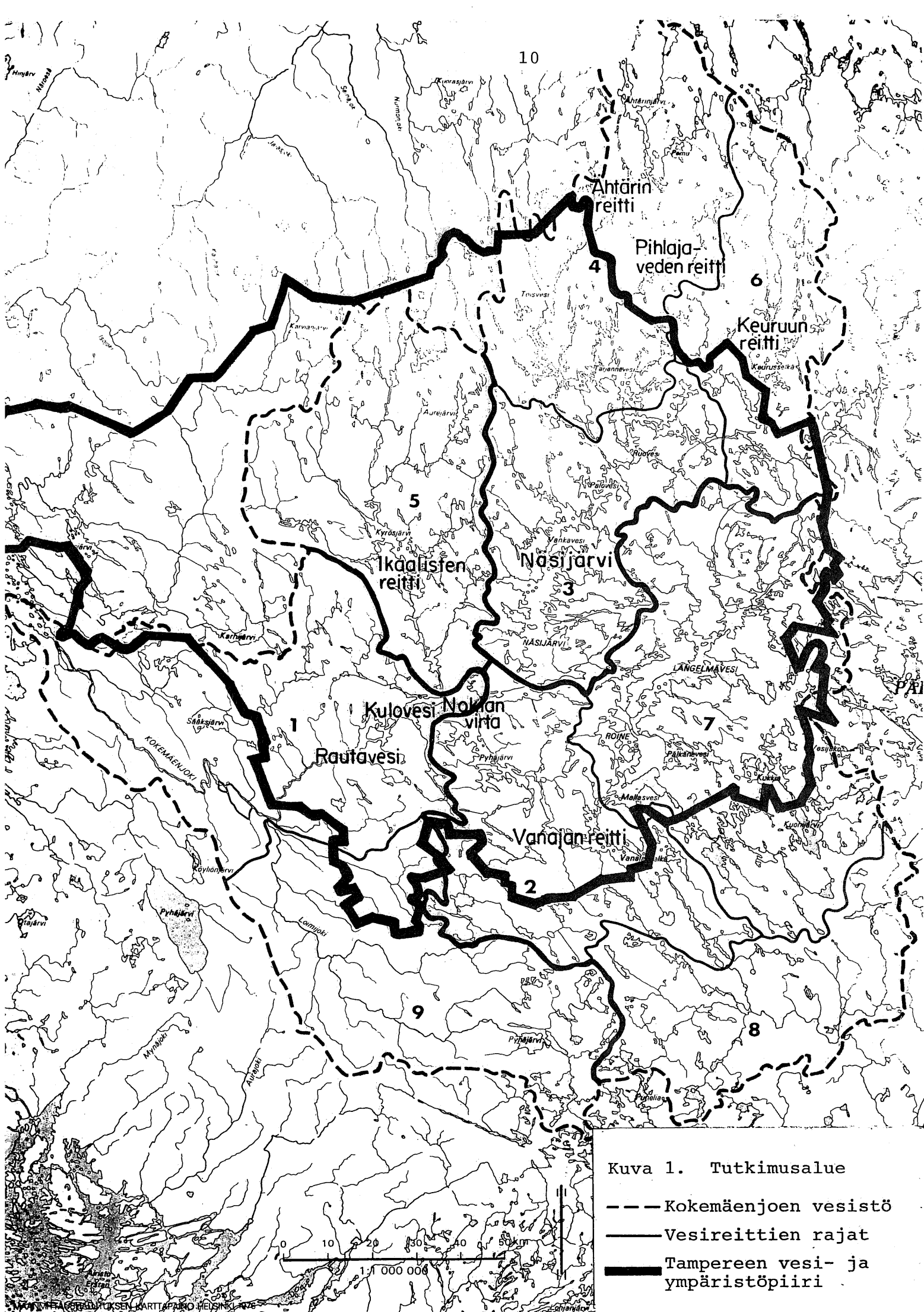
2 T U T K I M U S A L U E

2.1 YLEISKUVAUS

Kokemäenjoen valuma-alue Porin kohdalla, vähän ennen merta on 26 820 km². Siitä 11 % on järviä. Pitkän aikavälin keskivirtaama on noin 210 m³/s (Vesihallitus 1978).

Kokemäenjoen vesistön latvat ulottuvat Järvi-Suomeen (kuva 1). Pohjoiset haarat, Ähtärin, Pihlajaveden ja Keuruun reitit, saavat alkunsa Ähtärin, Multian ja Keuruun kunnista. Reitit laskevat Näsijärven pohjoispäähän. Etelässä Vanajan reitti ulottuu Uudenmaan ja Hämeen läänin rajalle. Etelästä ja pohjoisesta tulevat vedet kohtaavat Pyhäjärvessä. Virtaamat ovat lähes yhtä suuret kummassakin haarassa. Pyhäjärven vedet purkautuvat Nokianvirtaan. Sen keskivirtaama on noin 134 m³/s. Nokianvirran alapuolella vesistöön laskee vielä Ikaalisten reitti Nokialla. Sen keskivirtaama on noin 29 m³/s. Loimijoki yhtyy Kokemäenjokeen Huittisissa. Loimijoen keskivirtaama on noin 26 m³/s (Vesihallitus 1978).

Tämä tutkimus rajautuu siihen osaan Kokemäenjoen vesistöä, joka on Tampereen vesi- ja ympäristöpiirin alueella. Vesistön likaantuneista alueista jää tarkastelun ulkopuolelle ainoastaan Tervakosken-Hämeenlinnan ja Äetsän alapuoliset vedet. PCB-kartoitus on vesi- ja ympäristöhallituksen toimesta ulotettu Tervakoskelle asti. Äetsän alapuolista Kokemäenjoki-osuutta on taas tutkittu Turun vesi- ja ympäristöpiirissä (Isotalo 1979 ja Häkkilä 1984).



2.2 JÄTEVESIKUORMITUS

Tarkastelun kohteeksi on tässä tutkimuksessa otettu suurimmat kuormittajat päävesistöjen varrelta (kuva 2). Likaantuneiden vesialueiden tuntumasta on mukaan otettu myös pienehköjä kuormittajia. Puunjalostus on alueen merkittävin teollisuuden ala ja vesistökuormittaja (liite 1). Selluloosa- ja paperiteollisuutta on Mäntässä, Valkeakoskella, Tampereella, Nokialla ja Hämeenkyrössä. Kemianteollisuutta on Valkeakoskella. Muita maininnan arvoisia tehdaslaitoksia ovat Viialan Nahkatehdas Viialassa ja Oy Suomen Trikoo Ab Tampereella. Suurimmat taajamat ovat samalla teollisuuspaikkakuntia. Tampere on selvästi suurin ennen Valkeakoskea ja Nokiaa (liite 2).

G.A. Serlachius Oy (nykyään Metsä-Serla Oy) Mäntän tehtaas valmistaa sulfiittisellua, siistausmassaa, paperia, spriitä ja pekiloproteiinia. Selluloosan valkaisuun käytetään kloori-alkalimenetelmää. Kuitupitoiset jätevedet käsitellään mekaanisessa selkeyttimessä. Selkeyttimestä jätevesi johdetaan Mäntänlahden pohjukan patoaltaaseen ja edelleen vesistöön. Patoaltaaseen johdetaan suoraan myös valkaisun yhteydessä syntyvät happamat vedet. Vuoden 1986 alussa otettiin käyttöön Attisholz -tyyppinen 2-vaiheinen aktiivilietelaitos. Sinne johdetaan runsaasti orgaanista kuormitusta sisältävät jätevesijakeet. Tämän tutkimuksen aineisto on kerätty Mäntän seudulta ennen biologisen puhdistamon käynnistämistä. Mäntän tehtailta on joutunut 1960-luvulla elohopeaa vesistöön, koska valkaisussa käytetty lipeä sisälsi sitä epäpuhtautena (Kettunen 1978). Vuonna 1977 päästöksi arvioitiin 0,8 kg ja kymmenen vuotta aiemmin 8 kg.

G.A. Serlachius Oy (nykyään Metsä-Serla Oy) lopetti Lielahden liukosellutehtaan toiminnan 20.6.1985. Tämän tutkimuksen havaintoaineisto on lopettamista edeltävältä ajalta, jolloin tehtaan päätuote oli happamalla kalsiumbisulfaattimenetelmällä valmistettu ja klooripohjaisesti täysvalkaistu liukosellu. Sivutuotteina valmistettiin sulfiittispriitä ja ligniinipulveria. Vuonna 1985 tuotantosuunta vaihdettiin kemihierteeneksi ja otettiin käyttöön biologinen jätevesienkäsittely, jolloin







jätevesikuormitus alentui murto-osaan liukosellutuotannon aikaisesta kuormituksesta. Jätevedet johdetaan Näsijärveen. Kloorialkalivalkaisussa syntyvien myrkyllisten ja haitallisten yhdisteiden kuormituksen on tässä yhteydessä arvioitu käytännöllisesti katsoen päättyneen. Lielahden tehtailta on aikoinaan joutunut vesistöön elohopeaa valkaisussa käytetyn lipeän epäpuhtautena. Vuonna 1974 arvioitiin elohopeapäästöksi 1,5 kg/a. 1960-luvulla päästöt ovat voineet olla huomattavasti suurempia (Wirola 1986 ja Krogerus 1985).

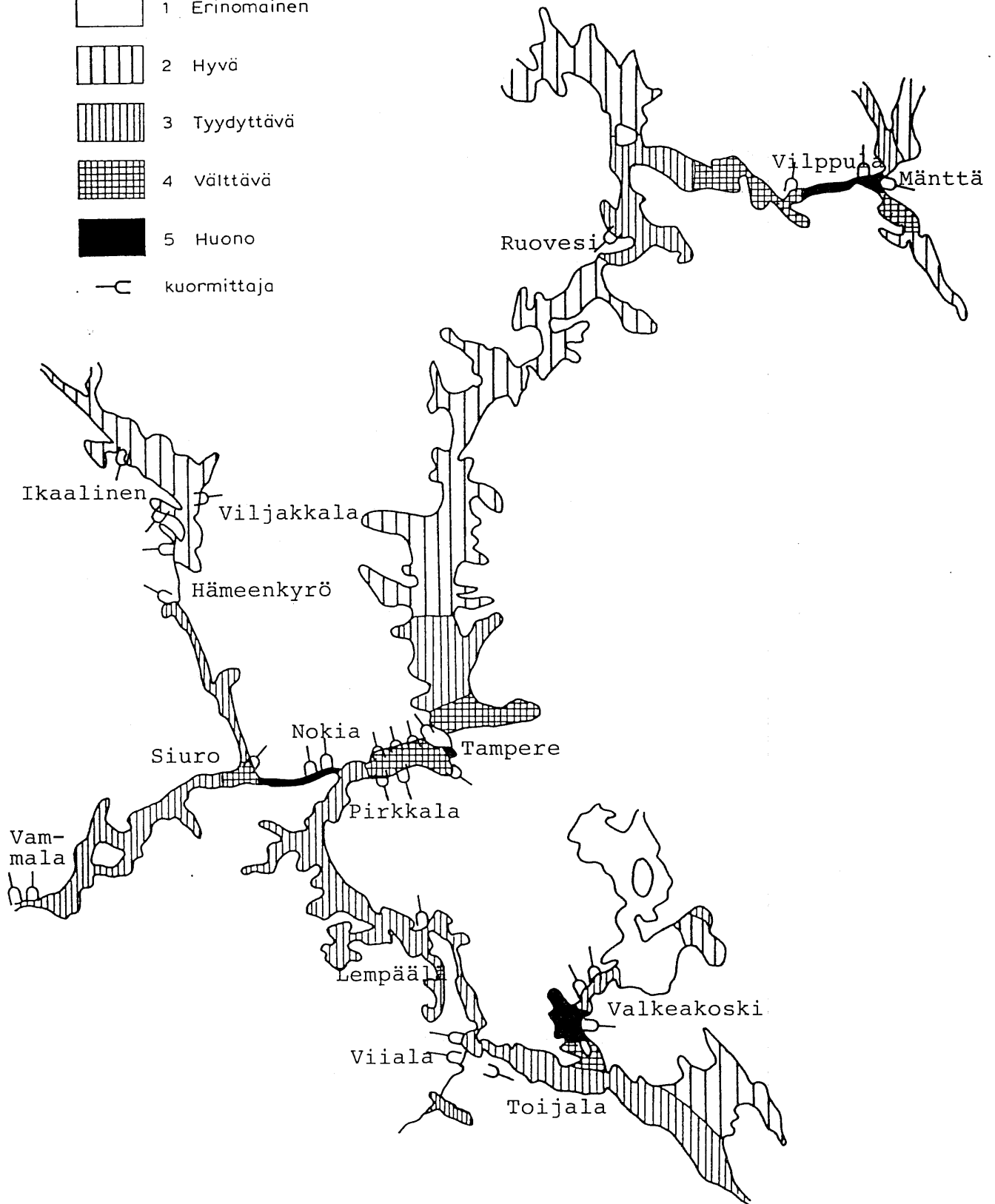
G.A. Serlachius Oy (nykyään Metsä-Serla Oy) Takon tehdas valmistaa päällystettyä taivekartonkia. Hioke kartonkia varten valmistetaan tehtaan yhteydessä olevassa hiomossa. Puu tuodaan sinne kuorittuna yhtiön Lielahden tehtaalta. Tuotannossa tarvittava valkaistu sulfaattisellu ja valkaisematon sulfiittisellu tuodaan muualta. Massalisäyksinä ja pintakäsittelyyn käytettäviä aineita ovat mm. kaoliini, talkki, titaani-dioksidi, hartsiliima-aluna, aluminaatti, tärkkelys, lateksi, kalsiumstearaatti ja karboksimeytyyliselluloosa (Wirola 1984). Tuotannosta syntyvät jätevedet johdetaan Tammerkosken alapuolelle Ratinan suvantoon. Sosiaalitilojen jätevedet menevät Tampereen kaupungin viemäriverkostoon.

Oy Suomen Trikoo Ab:n jätevedet muodostuvat neulos-, lanka- ja sukkavärjäämössä sekä viimeistämössä. Prosessit ovat panosluontoisia, joten jäteveden määrä ja laatu vaihtelevat huomattavasti. Jätevedet puhdistetaan kemiallisessa flotaatioselkeytykseen perustuvassa jätevedenpuhdistamossa. Veden pH säädetään rikkihapolla ja siihen syötetään alumiinisulfaattia saostamaan lika-aineet. Jätevedet johdetaan Pyhäjärveen (Wirola 1984).

Yhtyneet Paperitehtaat Oy Tervasaaren tehdas tuottaa sulfaattisellua, SAP-sellua ja paperia. Vuoteen 1982 asti tuotettiin valkaisematonta sellua. Vuosina 1982 ja -83 käytettiin hypokloriittivalkaisua ja sen jälkeen siirryttiin peroksidivalkaisuun. Kuitupitoiset jätevedet johdetaan mekaaniselle selkeyttimelle, sieltä jälkiselkeytysaltaana toimivaan Sahalahteen ja lopulta Vanajaveteen, Kärjenniemenselälle. Kuiduttomat jätevedet johdetaan suoraan vesistöön (Anttila 1987 ja Isoaho 1987).

Vesistöjen käyttökelpoisuus :

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | 1 Erinomainen |
|  | 2 Hyvä |
|  | 3 Tyydyttävä |
|  | 4 Välttävä |
|  | 5 Huono |
|  | kuormittaja |



Kuva 2. Kuormittajien sijainti ja vesistön käyttökelpoisuus (Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri, tarkastettu v. 1985)

Yhtyneet Paperitehtaat Oy Valken kemiallinen tehdas tuottaa raakamäntyöljyä ja mäntyöljyjaloiteita, vesilasia, aluminaattia, vahaemulsioita, hartsiliimoja ja hartsijaloiteita. Mäntyöljytilaamon höyryejektorivesien käsittelymiseksi on vuonna 1985 otettu käyttöön suodattimet. Häiriötilanteissa on kuitenkin vaarana käsittelymättömien ejektorivesien pääsy Vanajaveteen, Kärjenniemenselälle. Häiriötilanteita on ilmennyt 2-5 vuodessa (Anttila 1987 ja Isoaho 1987).

Kemira Oy Säteri valmistaa viskoosikuitua selluloosasta. Tuotannossa tarvitaan lisäksi rikkihappoa, rikkihiiltä, lipeää, sinkkiä ja lukuisa joukko muita kemikaaleja. Viskoosikuidun ohella valmistetaan natriumsulfaattia ja alkyylisantaatteja. Viskoosikuituja myös värjätään tehtaalla. Puhtaimmat vedet (jäähdytysvedet) johdetaan sellaisenaan Mallasveteen ja vähän likaantuneet vedet Vanajaveteen, Kärjenniemenselälle. Varsinaiset prosessivedet sekä saniteettivedet johdetaan puhdistamolle ja sieltä edelleen Vanajaveteen. Puhdistamalla saostetaan ensin viskoosi. Sitten pH nostetaan kalkin avulla, jotta muut lika-aineet saostuisivat (Anttila 1987 ja Isoaho 1987). Vesistöön on joutunut jätevesien mukana sinkkiä sekä prosessissa käytetyn sinkin epäpuhtautena myös pieniä määriä kadmiumia.

Viialan Nahkatehdas valmistaa raakavuodista verhoilunahkaa. Jätevedet johdetaan tasausaltaan kautta aktiivilietelaitokselle. Biologisen käsittelyn jälkeen loput lika-aineet pyritään saostamaan alumiinisulfaattilla (Anttila 1987 ja Isoaho 1987). Jätevedet johdetaan Tarpianjoen alajuoksulle ja sieltä ne kulkeutuvat Vanajaveden sekä Pyhäjärven yhdistävään kapeaan reittivesistöön. Jätevesien mukana vesistöön joutuu pieniä määriä kromia.

Kyro Oy:n paperi- ja kartonkitehtaan, hiomon ja kuumahierrelaitoksen jätevedet johdetaan Pappilanjokeen Ikaalisten reitillä. Kuitupitoiset jätevedet on selkeytetty mekaanisesti. Vuoden 1987 lokakuussa on käynnistetty aktiivilietelaitos jätevesien puhdistamiseksi. Kuorimon jätevedet johdetaan väliselkeyttämön kautta maapohjaiseen laskeutusaltaaseen ja sieltä Kyrösjärveen. Yhtiö käytti 1960-luvulla limantorjuntaan

elohopeapitoista torjunta-ainetta (Fennosan 20). 1980-luvulla on käytetty biologisesti hajoavia yhdisteitä.

Oy Nokia Ab lopetti sulfiittisellutuotannon Nokialla 30.8.1985. Samalla päättyi valkaisimon ja spriitehtaan toiminta. Tilalle rakennettiin siistauslaitos. Paperitehtaan raaka-aineista uusiomassa valmistetaan itse ja sulfaattisellu tuodaan muualta. Muutosten yhteydessä kloorivalkaisusta luovuttiin, sillä uusiomassa valkaistaan pääsääntöisesti vetyperoksidilla. Hypokloriittivalkaisuun on varauduttu ainoastaan poikkeustilanteissa, kun keräyspaperiin on joutunut mukaan värillistä massaa. Jätevedet käsitellään kemiallisessa puhdistamossa ennen niiden johtamista Nokianvirtaan, kun aiemmin oli vain mekaaninen käsittely (Wirola 1985). Tämän tutkimuksen havaintoaineisto Nokian seudulta on koottu ennen sulfiittituotannon lopettamista muutoin, mutta Rautaveden kalat on pyydetty vasta vuonna 1986.

Huonekalutehdas Jouko Mäkinen Oy Vammalan Vaneritehdas on tuottanut vaneria ja vanerijalosteita. Tehdas kuului konkursiin v. 1986 tehneeseen Grahn-yhtiöön. Toimintaa on sittemmin jatkettu Vammalan vaneritehtaan nimellä. Tuotanto ja jätevesitietoja ei toiminnassa tapahtuneen katkoksen vuoksi ole vuodelta 1986. Jätevedet johdetaan Liekoveteen. Niiden mukana joutuu vesistöön pieniä määriä fenolia.

2.3 VEDEN LAATU

Kokemäenjoen vesistöstä on viimeisin koko alueen kattava käyttökelpoisuusluokitus vuodelta 1985 (Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri 1986). Luokituksen perusteella selvästi likaantuneita alueita ovat Mäntän alapuolinen vesistö, Näsijärven eteläosa, Tampereen Pyhäjärvi, Tervakosken-Hämeenlinnan alapuoliset vesistöt, Valkeakosken alapuolinen ja Nokian alapuolinen vesistö (kuva 2). Tarkastelun ulkopuolelle on tässä tutkimuksessa jätetty Hämeenlinnan seutu, koska se kuuluu Helsingin vesi- ja ympäristöpiirin alueeseen. Mukaan on sen sijaan otettu Ikaalisten reitin alaosa, koska Hämeenkyröön

on sijoittunut puunjalostusteollisuutta ja koska siellä tiedetään olleen 1960-luvulla elohopeapäästöjä.

Veden laatua on tässä arvioitu Tampereen vesi- ja ympäristöpiirin tekemien havaintojen sekä kuormittajakohaisten velvoitetarkkailuhavaintojen perusteella.

Kokemäenjoen vesistön pohjoisen haaran latvajärvet ovat perusluonteeltaan karuja ja ruskeavetisiä. Varsinaisiksi vertailujärviksi on valittu Kuoreveden puhtain osa ja Tarjannevesi.

Mäntän alapuolella jokimainen vesistö on pitkälle pilaantunut. Vesimassa on kerrostuneisuuskausiina ollut usein täysin hapetonta. Veden laadussa näkyy muutoinkin monin tavoin puunjalostustoellisuuden jäteveden vaikutukset. Orgaanista ainetta kuvaavat analyysitulokset ovat korkeita ja vesi on hapanta. Ravinnepitoisuudet ovat reheville järville ominaisia (Forsberg ja Ryding 1980). Jätevesien happamuus ja mahdollisesti myrkyllisyyskin haittaavat biologista toimintaa. Vasta 10 - 20 km päässä jätevesien purkupaikasta on levätuotanto ravinnepitoisuuden edellyttämällä tasolla. Mäntästä tuleva voimakkaasti kuormitettu vesireitti yhtyy Mustaselällä Tarjannevedeltä tuleviin hyvälaatuisiin vesiin. Jätevesien vaikutuksesta hapettomuutta esiintyy edelleen Mustaselän alusvedessä.

Jätevesien purkualueelta ainakin parin kilometrin päähän on kerrostunut kuitua paikoin usean metrin paksuudelta. Palo- ja Sotkanselällä alusvesivyöhykkeen sedimentti on pelkistynyttä ja metallisulfidien mustaksi värjäämää.

Vesistössä on havaittu silloin tällöin kalakuolemia. Huonoksi luokitellulla alueella ei pysyvää kalakantaa ole. Makuvirheitä on kaloissa ollut aina Ruovesiselkää myöten (Nyrönen ym. 1978).

Kuormituksen vähennyttyä vuonna 1986 tehostuneen jätevesien puhdistuksen myötä, on vesistön happitalous kohentunut. Täysin hapettomilta kausilta on välttytty myös tämän vuoden runsaiden virtaamien ansiosta.

Näsijärven eteläosassa, Näsiselällä on tuntunut voimakkaana

Lielahden tehtaiden happamien ja runsaasti orgaanista ainetta sisältävien jätevesien vaikutus. Talvella jätevedet ovat levinneet pohjanmyötäisesti niin, että alusvesi on 15 - 20 m:stä syvemmälle ollut hapetonta. Jätevedet ovat levinneet myös päävirtaussuunnan vastaisesti pohjoiseen. Keväällä alusvesi on sekoittunut koko vesimassaan heikentäen lyhyessä ajassa myös päällysveden laadun. Kevätkierto ei ole aina ollut täydellinen. Avovesikaudella voimakkaat tuulet ovat sekoittaneet vesimassoja, eikä yhtä selvää jätevesien kerrostumista ole esiintynyt kuin talvella.

Päällysveden ravinnepitoisuudet ovat olleet Näsiselällä lievää rehevöitymistä vastaavalla tasolla (Forsberg & Ryding 1980). Lielahden ympäristössä perustuotantokyky on ollut jonkin verran vähäisempää kuin vastaavana aikana muualla Näsiselällä, vaikka ravinnepitoisuudet ovat olleet korkeampia. Jätevedet ovat ilmeisesti vaikuttaneet tällä alueella tuotantoa vähentävästi.

Lielahden pohjaa peittää kuitukerrostuma, joka ulottuu jätevesien purkualueelta 500 - 700 m:n päähän ja joka on paksuimmillaan 11 m (Menonen 1984). Vaikka varsinaisia kuitukerrostumuja ei esiinny tätä ulompana on pohjan tila säännöllisesti esiintyneiden happikatojen seurauksena ollut huono.

Myös Lielahdessa on havaittu joitakin kalakuolemia. Sieltä pyydetyissä kaloissa on esiintynyt säännöllisesti puunjalostusteollisuuteen viittaavaa jäteliemen makua. Kalat on VTT:n testeissä yleensä arvioitu syötäväksi kelpaamattomiksi. Muualla eteläisellä Näsiselällä kalojen sivumaku on ollut lievempi kuin Lielahdessa. Pohjoisella Näsiselällä sivumakua on todettu lähinnä siioissa (Mankki 1984).

Lielahden liukosellutuotannon lopettamisen ja biologisen jätevesien käsittelyn seurauksena purkuvesistön tila on parantunut oleellisesti. Jätevesien vaikutusalue on supistunut käsittäen vain Näsiselän eteläosan ja happivajausta esiintyy enää pohjanläheisissä vesikerroksissa.

Näsijärven Koljonselkää pidetään lähes luonnontilaisena. Vertailunäytteet on kerätty sieltä.

Ennen kuormituksen vähentymistä nykytasolle on osa Lielahden tehtaan jätevesistä kulkeutunut Pyhäjärveen, joka muutoinkin on asutuksen ja teollisuuden (G.A. Serlachius Oy Takon tehtaas, Oy Suomen Triko Ab) kuormittama järvi. Likaantunein osa Pyhäjärveä on sen itäpää, vaikkakin jätevesien vaikutukset on havaittavissa koko Pyhäjärvestä. Ilmastamalla on vuodesta 1983 pystytty estämään täysin hapettoman alusvesikerroksen muodostuminen. Happipitoisuudet ovat kuitenkin olleet erittäin pieniä.

Pyhäjärven ravinnepitoisuudet ja a-klorofyllipitoisuus ovat reheville järville ominaisella tasolla. Sinilevien massaesiintymiä ei Pyhäjärven Tampereen päässä ole silti havaittu, kun taas Vanajaveden puoleisessa osassa niitä esiintyy.

Syvänteiden pohja on pelkistynyttä mätäliejua, josta lämpimänä kausina vapautuu käymistuotteita (rikkivety, metaani, ammoniakki) veteen. Osa kaasusta vapautuu kuplina pintaan.

Jätevesien vuoksi kaloissa on makuvirheitä. Pyhäjärven itäosassa jäteliemen, öljyn, pihkan tai muun kemikaalin maku on ollut niin voimakasta, että kaloja on VTT:n makutesteissä säännöllisesti pidetty syötäväksi kelpaamattomina. Muualla Pyhäjärvestä makuvirheet ovat olleet lieviä, lukuun ottamatta haukea ja siikaa, joissa makuvirheet ovat olleet voimakkaita (Mankki 1981a, Perälä 1987).

Kokemäenjoen vesistön etelähaarassa, Vanajan reitillä on Valkeakosken alapuoli pahoin likaantunut. Valkeakosken yläpuolella (Mallasvesi-Roine) veden laatu on hyvä. Sieltä on otettu vertailunäytteet. Valkeakosken teollisuuden jätevedet kulkeutuvat Kärjenniemenselälle kertyen sen pohjoispäässä olevaan syvänteeseen. Orgaanista ainetta kuvaavien analyysien tulokset ovat korkeita. Jätevesissä on myös ravinteita. Jätevesien vaikutus vähenee huomattavasti Rauttonselällä, jonne tulee lisävesiä Vanajanselältä. Jätevesillä on taipumusta levitä pohjanmyötäisesti päävirtaussuuntaa vastaan Vanajanselälle. Vastavirtaus on estetty ilmastimien avulla eikä 1980-luvulla jätevesiä ole juurikaan päässyt virtaamaan Vanajanselälle.

Rauttunselältä alavirtaan vesistö on rehevä. Osasyynä lienee lisävesien jätevesiä laimentava vaikutus, jolloin biologista toimintaa ehkäisevät vaikutukset häviävät. Osasyynä on haja-kuormituksen tuomat ravinteet.

Purkualueelle Kärjenniemenselän yläpuolelle on kerrostunut kuitumassaa, josta nousee kokkareita pintaankin.

Valkeakosken, Lempäälän ja Viidennumeron salmen rajaamalta alueelta on löydetty mustia haukia. Ilmiötä ei ole todettu muualta Kokemäenjoen vesistössä. Kaloissa on esiintynyt VTT:n arvioiden perusteella makuvirheitä Valkeakoskelta Lempäälään asti. Valkeakosken lähivesiltä pyydetyt kalat on arvioitu säännöllisesti syömäkelvottomiksi. Rauttun- ja Makkaranselällä jäteliemen maku kaloissa on ollut lievää (Mankki 1981b).

Ikaalisten reitillä Kyrösjärven eteläpäättä kuormittaa Kyro Oy:n kuorimon jätevedet. Vaikutukset tuntuvat paikallisesti happivajeena ja ravinnepitoisuuksien kohoamisena. Puunjalostustehtaan jätevedet johdetaan Pappilanjokeen. Joen virtaaman ollessa alhainen on jätevesien johtamisesta seurauksena häiriöitä happitaloudessa. Jätevesien mukana on alapuolisen Kirkkojärven pohjalle kulkeutunut kuitua. Havainnot ovat tosin 20 vuotta vanhoja, eikä uutta kartoitusta ole tehty. Vertailualueeksi otettiin Kyrösjärven keskiosa.

Nokian teollisuuden jätevedet heikentävät veden laatua Kulo-, Rauta- ja Liekovedessä. Yläpuolella sijaitsevaan Pyhäjärveen johdetaan myös runsaasti jätevesiä, joiden vaikutukset ulottuvat Nokianvirran alapuoliseen vesistöön. Ikaalisten reitiltäkään tuleva vesi ei vastaa luonnontilaista. Kuloveden syvänteet ovat kerrostuneisuuskausina hapettomia, joskin nopea läpivirtaus saattaa estää kerrostumisen. Vesistö on rehevä. Purkualueen läheisyydessä jätevedet saattavat ehkäistä biologista toimintaa.

Purkualueen läheisyydessä on syvänteissä 20 vuotta vanhan kartoituksen mukaan kuitumassaa. Velvoitetarkkailun mukaan pohja on mustaa ja haisevaa.

Joitakin kalakuolemia on havaittu Kuloveden koillisosassa vähävetisinä aikoina. VTT:n makutestin arviot Kuloveden kaloista ovat viitanneet jäteliemeen. Rautaveden kaloissa on virhemakuja tavattu selvästi vähemmän kuin Kulovedellä (Mankki 1985).

Sulfiittisellutuotannon päätyttyä on vesistön tila parantunut nopeasti. Orgaanisen aineen pitoisuus on laskenut ja happipitoisuus kohentunut. Vesistön rehevyys on pysynyt ennallaan, ehkä hieman noussut.

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 AINEISTON KERUU

3.11 Jätevesinäytteet

Jätevesinäytteet on otettu Tampereen vesi- ja ympäristöpiirin suorittamien valvontakäyntien yhteydessä 11 tehdaslaitoksesta, 18 asumajätevedenpuhdistamolta ja 2 kaatopaikalta vuosina 1984 ja 1985 (liite 3). Elohopeanäytteenotto uusittiin osittain vuonna 1986, koska vuonna 1984 ei analyysitarkkuus yltänyt samaan kuin seuraavana vuonna. Näytteet pyrittiin saamaan vuorokauden kokoomanäytteinä aina, kun siihen oli mahdollisuus. Kloroforminäytteet otettiin aina kertanäytteinä.

Raskasmetallinäytteiden otossa vältettiin käyttämästä metallisia näytteenottolaitteita. Elohopeanäyte otettiin lasipulloon ja kestäväöitiin lisäämällä KMnO_4 -liuosta ja väkevää typpihappoa. Muita raskasmetallimäärityksiä varten näyte otettiin muovipulloon ja kestäväöitiin lisäämällä laimennettua typpihappoa (Vesihallitus 1982). Näytteet toimitettiin vesihallituksen tutkimuslaboratorioon analysoitaviksi.

PCB- ja kloorifenolimääritystä varten näyte otettiin 2 litran lasipulloon ja kloroforminäyte litran lasipulloon. Pulloissa oli joko teflontiiviste tai alumiinifolio laitettiin korkin alle. Kloroforminäytteeeseen ei jätetty ilmatilaa. Orgaaniset kloorihiilivetynäytteet toimitettiin heti näytteenottopäivänä analysoitaviksi Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskukseen.

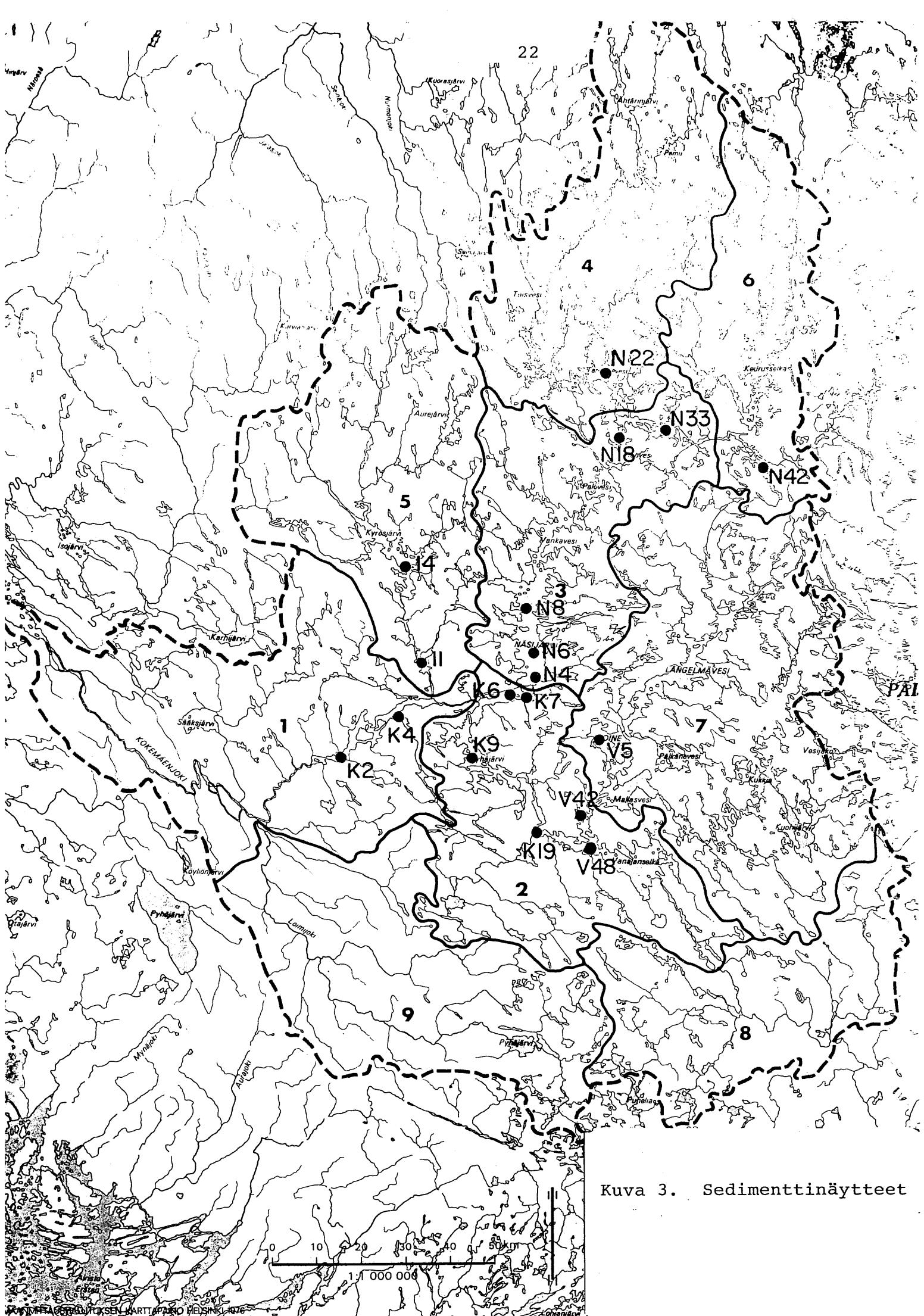
Jätevesinäytteenotto toteutettuna vain kerran ei välttämättä anna kuvaa päästöjen todellisista määristä. Näytteet on kuitenkin otettu tehdaslaitoksilta aina tuotannon aikana.

3.12 S e d i m e n t t i n ä y t t e e t

Sedimenttinäytteet kerättiin 13 likaantuneeksi luokitellulta ja 5 lähes luonnontilaisena pidetyltä alueelta (kuva 3). Näytteet otettiin putkinoutimella syvänteistä. Sedimenttipat-
saasta otettiin 2 cm:n paksuinen kerros pinnasta. Jos pinta-
sedimentti oli löyhää ja kovin vesipitoista, otettiin näyte
4 cm:n paksuudelta. Raskasmetallimäärityksiä varten sediment-
ti purkitettiin muovisiin rasioihin ja kloorihiilivetymääri-
tyksiä varten lasipurkkeihin. Lasipurkkeihin pantiin kannen
alle alumiinifolio.

Kloroforminäyte otettiin vain neljästä havaintopaikasta
(N 33, N 4, K 7 ja K 4). Näytteet toimitettiin näytteenotto-
päivänä ympäristöntutkimuskeskukseen analysoitaviksi. Kaikki
muut näytteet pakastettiin toimitettavaksi yhtä aikaa analy-
sointiin. Raskasmetallinäytteet lähetettiin VTT:n elintarvi-
kelaboratorioon ja osasta rinnakkaisnäytteet lisäksi
vesihallituksen tutkimuslaboratorioon. Kloorihiilivetynäyt-
teet lähetettiin Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskes-
kukseen tutkittaviksi.

Sedimenttinäytteet kerättiin järvien keskeisiltä syväne-
alueilta, koska haluttiin saada vertailukelpoinen kuva ympä-
ristömyrkyistä eri järvissä. Purkupaikkojen läheisyydessä
pitoisuudet ovat mitä todennäköisemmin korkeimmat.

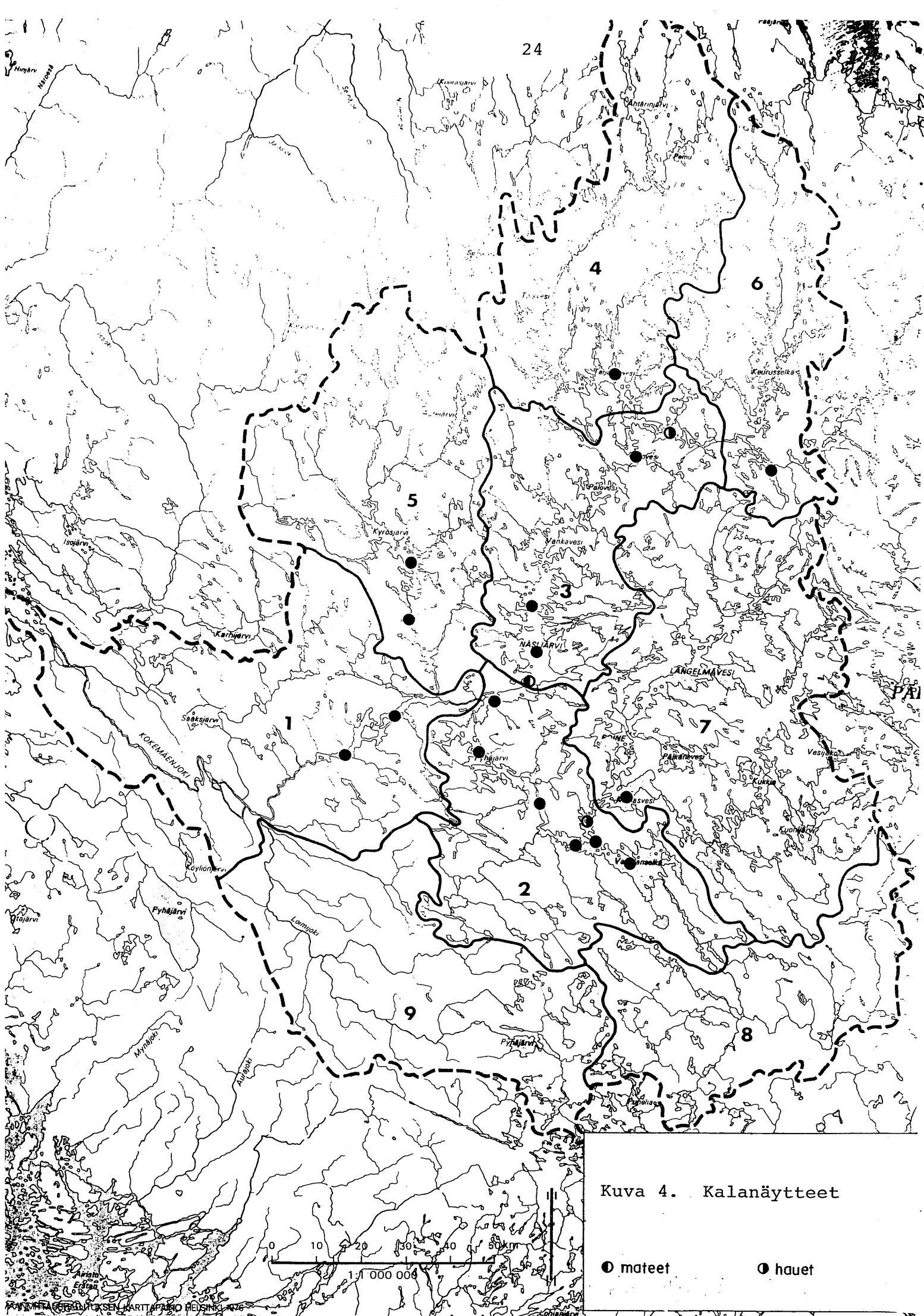


3.13 K a l a n ä y t t e e t

Kalanäytteet kerättiin periaatteessa samoilta vesialueilta kuin sedimenttinäytteetkin (kuvat 4). Muutama pyyntialue sijaitsee eri selällä, koska näytekaloja toimittamaan ei löydetty paikallista kalastajaa halutuilta alueilta. Pyyntialueita on 19. Näytteiksi pyrittiin saamaan 3 - 5 haukea, joiden paino vaihtelisi välillä 800 - 1 200 g sekä 3 - 5 madetta, joiden paino vaihtelisi välillä 500 - 1 000 g. Tavoitteesta jouduttiin kuitenkin tinkimään, jotta ylipäättään saatiin näytteitä. Haukien paino oli 555 - 1 380 g ja mateiden 375 - 1 510 g.

Kalastajat pakastivat näytekalat alumiinifolioon käärittyinä. Ne haettiin kaikki kerralla jatkokäsittelyyn. Kalat punnittiin, mitattiin ja niistä määriteltiin sukupuoli. Hauesta otettiin suomuja ja mateesta otoliitit iänmäärittystä varten (Eloranta 1975). Ympäristömyrkkytutkimusta varten hauista otettiin selkälihasnäyte selkäevän kohdalta. Mateesta otettiin selkälihasnäyte vastaavalta kohdalta kuin hauesta ja lisäksi maksanäyte. Haukien lihasnäytteet yhdistettiin yhdeksi, mateitten lihasnäytteet toiseksi ja mateitten maksanäytteet kolmanneksi tutkittavaksi näytteeksi havaintopaikoittain. Kustakin kalasta otettiin yhtä paljon kudosta kokoomanäytteeseen. Kalat leikeltiin osittain sulaneina lasiveitsien avulla. Näytepalat käärittiin yleensä alumiinifolioon, mutta osa raskasmetallimääritykseen menevistä paloista pantiin pakastuspussiin ja kaikki pakastettiin uudelleen. Raskasmetallit määritettiin VTT:ssä ja muut analyysit tehtiin ympäristöntutkimuskeskuksessa.

Kolmen havaintopaikan raskasmetallimääritykset tehtiin jokaisesta kalasta erikseen näytteiden homogeenisuuden toteamiseksi. Niin kala- kuin sedimenttinäytteidenkin analysointia jouduttiin rajoittamaan määritysten korkean hinnan vuoksi.



3.2 ANALYSOINTI

3.21 R a s k a s m e t a l l i t

Jätevesinäytteistä kadmium, lyijy, sinkki ja kupari analysoitiin standardin SFS 3047 mukaan atomiabsorptiospektrometrisesti (AAS). Kokonaiskromi analysoitiin grafiittiuunitekniikalla. Elohopea määritettiin liekittömällä AAS-menetelmällä (kylmähöyrymenetelmä).

VTT:ssa sedimenttinäytteet pakkaskuivattiin ja homogenoitiin kuivana. Pakkaskuivauksen yhteydessä määritettiin näytteiden kuiva-ainepitoisuudet. Kadmium-, kromi-, kupari-, lyijy- ja sinkkimääriytyksiä varten kuivatut näytteet esikäsiteltiin autoklavoimalla standardin SFS 3044 mukaisesti, jonka jälkeen kadmiumpitoisuus määritettiin atomiabsorptiospektrometrisesti grafiittiuunitekniikalla (PE 5000/Zecman, HGA 400, AS 40) ja muut määriytykset tehtiin atomiabsorptiospektrometrisesti liekkitekniikalla (PE 603). Elohopeamääriytykset tehtiin kuivatusta näytteistä märkäpolton jälkeen atomiabsorptiospektrometrisesti kylmähöyrymenetelmällä (Coleman MAS-50 Vesihallitus 1981). Osasta näytteitä tehtiin rinnakkaismääriytykset vesihallituksen vesientutkimuslaitoksella.

Kadmium-, kromi-, kupari-, lyijy- ja sinkkimääriytyksiä varten kalanäytteet märkäpoltettiin (Vesihallitus 1981). Sen jälkeen kadmium-, kromi- ja lyijypitoisuudet määritettiin atomiabsorptiospektrometrisesti grafiittiuunitekniikalla (PE 5000/Zecman, HGA 400, AS 40) ja kupari- sekä sinkkipitoisuudet atomiabsorptiospektrometrisesti liekkitekniikalla (PE 603). Elohopeamääriytykset tehtiin märkäpolton jälkeen atomiabsorptiospektrometrisesti kylmähöyrytekniikalla (Coleman MAS 50 Vesihallitus 1981). Kaikki analyysit on tehty kahtena rinnakkaismääriytyksenä.

3.22 O r g a a n i s e t k l o o r i y h d i s t e e t

Kaikki näytteet analysoitiin Jyväskylän yliopiston ympäristötutkimuskeskuksessa.

Kloroformianalyysi vastasi periaatteessa Keski-Suomen ravintoketjututkimuksessa käytettyä menetelmää (Paasivirta ym. 1983a). Kloroformi analysoitiin välittömästi näytteiden saapumisen jälkeen. Litraan jätevesinäytettä lisättiin sisäiseksi standardiksi tribromikloorimetaania (CBr_3Cl). Kloroformi uutettiin heksaaniin ravistamalla 5 minuuttia erotussuppilossa. Heksaanifaasi erotettiin vedestä mikroseparaattorilla ja analysoitiin kaasukromatograafisesti. Kvantitointiraja oli tällä menetelmällä noin 1 ng/g. Sedimenttinäytteet käsiteltiin samalla tavoin muuten, mutta uuttoliuos oli pentaaniisopropanoliseosta ja pentaanikerros erotettiin uuton jälkeen lisäämällä vettä.

Polykloorattujen bifenyyliden (PCB) analysoimiseksi jätevesistä, lisättiin näytteisiin ensin sisäiseksi standardiksi 2,4,6-triklooribifenyylä ja ravistettiin sitten erotussuppilossa heksaanin kanssa. Faasit erotettiin ja heksaani haihdutettiin pieneen tilavuuteen. Näytteisiin lisättiin väkevää rikkihappoa ja ravistettiin 5 minuuttia. Heksaanifaasi erotettiin, haihdutettiin lähes kuiviin ja analysoitiin kaasukromatograafisesti (Paasivirta ym. 1983a). Kvantitointiraja oli 10 ng/l.

Jätevesien kloorifenolimäärittystä varten näytteisiin lisättiin sisäiseksi standardiksi 2,3,6-trikloorifenolia. Näytteet puskuroitiin pH 9:ään 70 % kaliumkarbonaatilla. Niihin lisättiin asetanhydridia ja ravistettiin 5 minuuttia. Kloorifenolit uutettiin heksaaniin. Heksaanifaasi erotettiin ja haihdutettiin pieneen tilavuuteen ja analysoitiin kaasukromatograafisesti (Paasivirta ym. 1983a). Kvantitointiraja oli 5 ng/l.

Sedimenttinäytteisiin lisättiin ennen uuttoa sisäisiksi standardeiksi tunnetut määrät 2,3,6-trikloorifenolia (kloorifenoleille) ja 2,4,6-triklooribifenyyliä (muille kloorihiilivedyille). Sedimenttinäytteet uutettiin 0,1 M kaliumkarbonaattilla ja heksaanilla. Kaliumkarbonaattiliuosta pestiin vielä heksaanilla. Yhdistetty heksaaniliuos puhdistettiin väkevällä rikkihapolla ja siitä tutkittiin PCB, heksaklooribentseeni, heksakloorisykloheksaani, lindaani, oksi-, gamma- ja alfakloridaani, transnonakloori, DDT, DDE sekä DDD. Kaliumkarbonaattikerroksesta tutkittiin kloorifenolit. Karbonaattiliuokseen lisättiin etikkahappoanhydridiä ja ravisteltiin 5 minuuttia. Asetyloituneet kloorifenolit uutettiin heksaaniin ja heksaanikerros haihdutettiin pieneen tilavuuteen. Kvantitoinnit suoritettiin kaasukromatograafisesti käyttäen EC-detektoreja ja kaksoiskolonnisysteemiä.

Kalanäytteet homogenisoitiin ja kuivattiin natriumsulfaatin kanssa kaksi vuorokautta ennen uuttoa. Näytteisiin lisättiin sisäiset standardit kuten edellä. Näytteitä uutettiin heksaani: asetoni: eetteri: petrolieetteriseoksella 6 tuntia. Uuton jälkeen liuottimet haihdutettiin kuiviin ja rasva punnittiin. Kloorifenolit erotettiin rasvauutteista Sephadex QAE-25 hartsiin emäksisenä, jolloin muut yhdisteet uutettiin eetteriin. Kloorifenolit vapautettiin hartsista laimealla suolahapolla ja kaliumkloridiliuoksella sekä asetiloitiin asetanhydridillä ja lopuksi uutettiin heksaaniin. Eetteriliuos haihdutettiin kuiviin, liuotettiin heksaaniin ja liuos puhdistettiin vielä väkevällä rikkihapolla. Varsinainen analysointi suoritettiin kaasukromatograafisesti. Tällä menetelmällä kvantitointirajana pidetään 4 ng/g tuorepainosta kloorifenoleille ja muille kloorihiilivedyille 0,5 ng/g (Vuorinen ym. 1985, Heinonen ym. 1985).

Pohjoismaissa järjestetty interkalibrointitutkimus osoitti, että kloorautuneiden fenolisten yhdisteiden määrittäminen asetyylijohdannaisina kapillaarikaasukromatograafisesti antaa kloorifenoleille ja -guajakoleille riittävän tarkkoja hyväksyttävissä olevia tuloksia (Starck ym. 1985). Suhteellinen keskihajonta oli alle 30 % yhtä tapausta lukuun ottamatta. Katekolimäärityksen toistettavuus oli fenoli- ja guajakoli-

määrityksiä heikompi. Suhteellinen keskihajonta vaihteli välillä 22 - 54 %. Syyksi epäiltiin sitä, että katekolit ovat epästabiileja alkaalisissa liuoksissa.

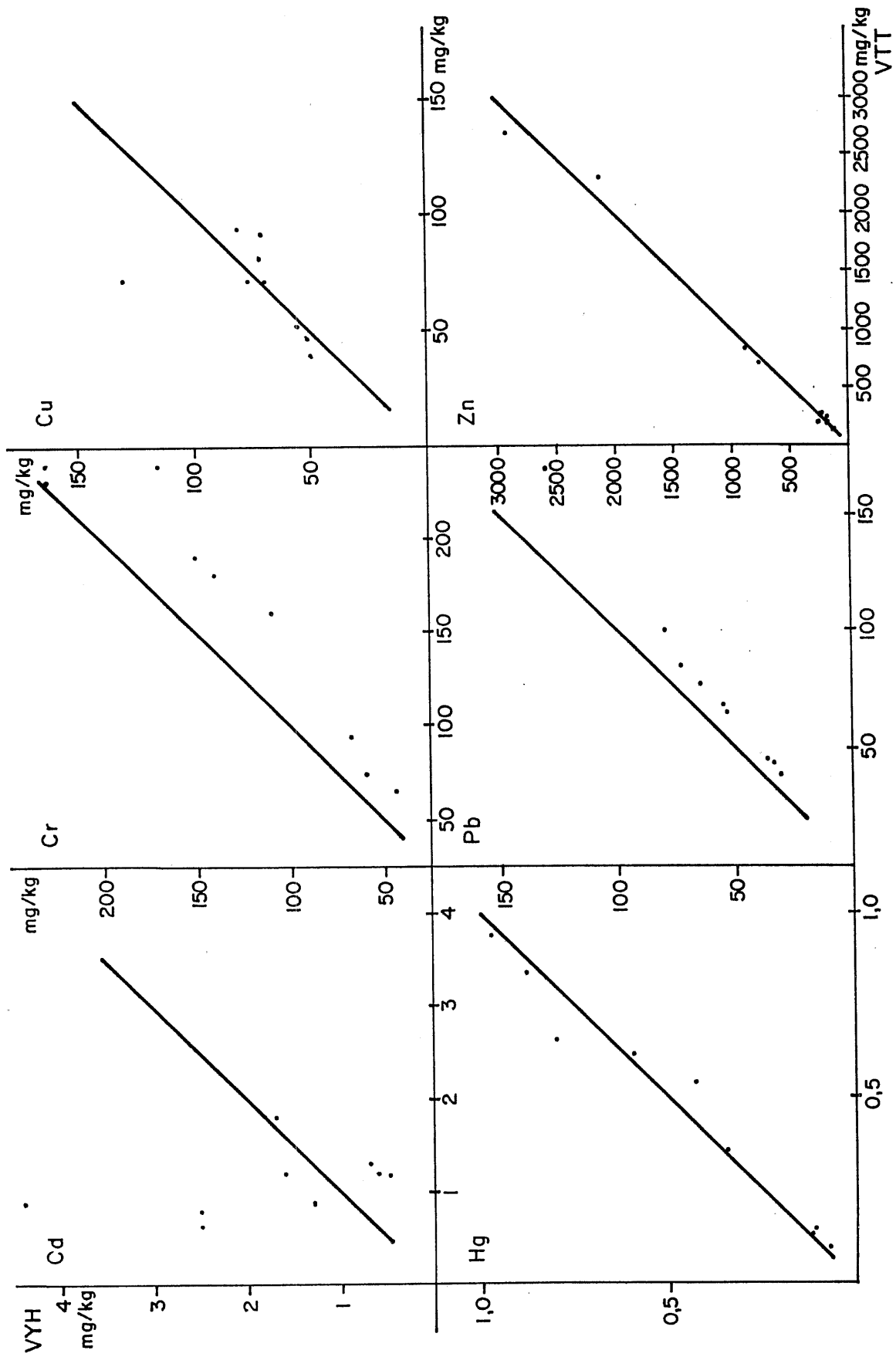
Näytteiden säilyvyyttä pakastuksen aikana on tutkittu simpukanäytteistä (Paasivirta ym. 1987). Vuoden kuluttua todettiin tetrakloorifenolin vähentyneen merkittävästi. 2,4,6-trikloorifenoli, pentakloorifenoli ja kloorifenolien summa vähentyivät jokseenkin merkitsevästi. DDE:n ja PCB:n vähenemistä on havaittu 4 vuotta säilytetyissä kaloissa (Paasivirta ym. 1985a ref. Paasivirta ym. 1987). Koska joidenkin yhdisteiden vähenymistä on havaittu, tulisi analyysit tehdä mahdollisimman pian näytteenoton jälkeen. Tässä tutkimuksessa on näytteitä valitettavasti jouduttu säilyttämään pakasteessa keskimäärin puoli vuotta, jolloin ainakin tetrakloorifenolipitoisuudet ovat saattaneet vähentyä.

4 T U L O K S E T

4.1 RASKASMETALLIT

4.11 J ä t e v e s i - j a s e d i m e n t t i n ä y t t e e t

Sedimenteistä vesihallituksen vesientutkimuslaitoksella ja VTT:n elintarvikelaboratoriossa tehdyt määritykset olivat elohopealle, sinkille ja kuparille hyvin lähellä toisiaan, kun otetaan huomioon se, että ne oli tehty rinnakkaisista sedimenttinäytteistä (kuva 5). Elintarvikelaboratorion lyijy- ja kromimääritykset olivat säännöllisesti korkeammat kuin tutkimuslaboratorion. Lyijypitoisuus oli keskimäärin 24 % korkeampi ja kromipitoisuus 29 % korkeampi elintarvikelaboratoriossa kuin tutkimuslaboratoriossa. Syytä ei ole toistaiseksi tarkemmin selvitetty. Kadmiumpitoisuudet olivat kaikissa näytteissä niin pieniä, ettei rinnakkaisnäytteiden eroista voida tehdä päätelmiä.



Kuva 5. VTT:ssä ja vesi- ja ympäristöhallituksessa määritettyjen sedimentin raskasmetallipitoisuuksien vertailu.

Taulukko 1. Jätevesien raskasmetallipitoisuudet.

Kuormittaja	Lukumäärä	Elohopea µg/l	Kadmium µg/l	Kokonais- kromi µg/l	Kupari µg/l	Lyijy µg/l	Sinkki µg/l
Puunjalostusteollisuus							
- kloorialkalivalikaisu	3	< 0,1-0,05	0,10-4,0	85-600	< 1-50	< 1-1	45-105
- muu	7	0,02-0,11	< 0,1-0,42	4-15	< 1-113	< 1-19	27-288
Kemian teollisuus	2	< 0,1-0,12	< 0,1-0,68	< 1-2	< 1-2	< 1	10-3800
Nahkateollisuus	1	< 0,1	< 0,1	320-600	< 1	< 1	16
Lankavärjäys	1	< 0,1	< 0,1	2	< 1	< 1	13
Asutus	18	< 0,01-0,03	< 0,1-0,27	< 1-12	< 1-26	< 1	< 1-520 30
Kaatopaikat	2	< 0,01-0,06	< 0,1	< 1-4	3-6	< 1	5-80

Elohopeapitoisuus oli noin puolessa näytteistä alle analyysitarkkuuden (taulukko 1, liite 4). Pitoisuudet olivat muutoinkin pieniä. Säterin puhdistamattomassa jätevedessä elohopeaa oli $1,4 \mu\text{g/l}$, mutta puhdistetussa pitoisuus ($0,12 \mu\text{g/l}$) oli lähellä muiden näytteiden tasoa. Jätevesimäärän ja elohopean pitoisuuden perusteella arvioiden on puunjalostusteollisuus ja Säteri ainoat kuormittajat. Kuormitus jää muutamaa grammaan päivässä, sikäli kuin pari näytettä antaa oikean kuvan pitoisuustasosta.

Sedimenttinäytteiden perusteella on Näsiselkä kokonaisuudessaan elohopean likaamaa aluetta (liite 5). Toinen yhtä korkeasti kuormitettu alue näyttäisi olleen Valkeakosken alapuoli. Kaikilla muilla kuormitetuilla alueilla on elohopeapitoisuus vertailualueilta korkeampi paitsi Mäntässä. Sedimentin metallipitoisuudet olivat Mäntän alapuolisessa vesistössä muutoinkin luonnontilaista tasoa.

Kadmiumpitoisuudet olivat myös alhaisia. Puunjalostusteollisuuden jätevesistä löytyi analysoitavissa olevia pitoisuuksia (taulukko 1, liite 4). Kadmiumia kulkeutuu lähinnä Nokian ja Valkeakosken alapuolisiin vesiin. Asumajätevedenpuhdistamoista vain neljän vesistä voitiin havaita kadmiumia. Sedimentistä kadmiumia löytyi eniten Valkeakosken alapuolelta ja Näsijärvestä (liite 5). Näsijärven korkeiden pitoisuuksien alkuperä ei ole tiedossa.

Kromipitoisuudet olivat yllättäen korkeimmat niissä puunjalostustehtaissa, missä oli käytössä kloorialkalivalkaisu (Nokian, Lielahden ja Mäntän tehtaat, taulukko 1). Viialan Nahkatehtaan jäteveden kromipitoisuus oli samalla tasolla. Asumajätevesissä kromipitoisuudet olivat pieniä. Luonnontilasta kohonneita kromipitoisuuksia löytyi kuormitetuilta alueilta; Viialan Nahkatehtaan alapuolelta, Näsiselältä ja Nokian alapuolelta, mutta ei Mäntän vaikutuspiiristä (liite 5).

Kuparipitoisuudet olivat korkeimmat puunjalostusteollisuudessa, joskin kaikista ei kuparia löytynyt analysoitavia määriä (taulukko 1, liite 4). Asumajätevesissä pitoisuudet olivat melko pieniä. Sedimentin kuparipitoisuudet olivat lievästi kohonneita kuormitetuilla alueilla Mäntän seutua lukuun

ottamatta (liite 5).

Lyijyä ei asumajätevesistä tavattu lainkaan. Teollisuuden jätevesissä sitä oli myös vähän (taulukko 1). Lyijypitoisuus oli korkein Näsijärven sedimentissä. Pitoisuustaso oli sama kuormitetuilla ja luonnontilaisena pidetyllä alueella (liite 5).

Sinkkiä oli teollisuuden ja asutuksen jätevesissä saman verran lukuun ottamatta Säterin jätevettä (taulukko 1, liite 4). Jäteveden sinkkipitoisuutta on kyetty puhdistuksella huomattavasti vähentämään. Puhdistetussa jätevedessä pitoisuus on silti kymmenenkertainen muihin kuormittajiin verrattuna. Säterin vaikutuspiirissä oli sedimentin sinkkipitoisuus korkea (liite 5). Kohonnut pitoisuustaso ulottui Valkeakoskelta Pyhäjärvelle asti.

4.12 K a l a n ä y t t e e t

Yksittäisten mäteiden raskasmetallipitoisuuksia verrattiin näyteaineiston homogeenisuuden selvittämiseksi (taulukko 2). Kadmium-, kromi-, kupari- ja lyijypitoisuudet olivat niin pieniä kaikissa näytteissä, että kalojen välisiä eroja ei voitu tutkia. Elohopeapitoisuuden keskihajonta vaihteli välillä 18 - 23 % keskipitoisuudesta. Kalojen painon keskihajonta oli samaa suuruusluokkaa. Sinkkipitoisuuden keskihajonta vaihteli välillä 7 - 19 % keskiarvosta.

Taulukko 2. Raskasmetallipitoisuuksien vaihtelu madenäytteissä.

	Vanajanselkä				Koljonselkä				Anianselkä			
	n	min-max	\bar{X}	S	n	min-max	\bar{X}	S	n	min-max	\bar{X}	S
Kalan paino, g	5	375-630	503	92	5	610-1050	815	173	4	615-900	740	136
Kalan pituus, cm	5	35,0-43,0	38,2	3,6	5	45,0-49,0	47,3	1,9	4	42,0-47,0	44,4	2,1
Cd, mg/kg tuorep.	5	< 0,004			5	< 0,004-0,004			4	< 0,004-0,004		
Cr, - " -	5	< 0,02-0,13	0,05	0,05	5	< 0,02			4	< 0,02		
Cu, - " -	5	0,2-0,3	0,3	0,04	5	0,2-0,4	0,3	0,07	4	0,2-0,3	0,3	0,05
Hg, - " -	5	0,08-0,16	0,12	0,03	5	0,65-1,08	0,95	0,17	4	0,06-0,16	0,07	0,06
Pb, - " -	5	< 0,02			5	< 0,02			4	< 0,02		
Zn, - " -	5	5,2-6,7	5,8	0,6	5	4,3-6,7	5,2	1,0	4	5,3-6,2	5,9	0,4

Kalojen paino vaihteli enemmän kuin pituus (taulukko 3, liite 6). Haukien painon keskihajonta oli 5 - 31 % keskiarvosta, kun pituuden oli alle 10 %. Mateiden painossa oli suurempia eroja kuin hauen. Keskihajonta oli 1 - 29 % keskipainosta paitsi Näsiselän näytekalloissa, missä se oli peräti 51 %. Pituuden keskihajonta jäi alle 11 %:n Näsiselän näytteitä lukuun ottamatta.

Raskasmetalleista kadmiumin, kromin, kuparin ja lyijyn pitoisuudet olivat pieniä kaikissa kalojen lihanäytteissä. Maksasta ei raskasmetaleja tutkittu (liitteet 7 ja 8). Elohopea oli ainoa metalli, jonka pitoisuudessa oli selviä alueellisia eroja (kuva 6). Elohopeapitoisuus oli Näsijärven reitillä korkein. Havainnot käyvät hyvin yksiin sedimenttitulosten kanssa. Tosin kaloissa elohopeapitoisuus oli korkea myös puhdainta pidetyillä alueilla. Mäntän alapuolelta, Paloselältä pyydytyissä hauissa pitoisuus taas oli pieni, vain 0,31 mg/kg, sikäli, kun sinne tiedetään joutuneen elohopeaa 1960-luvulla jätevesien mukana. Toisaalta myös sedimentin alhainen elohopeapitoisuus Paloselällä tukee tätä havaintoa.

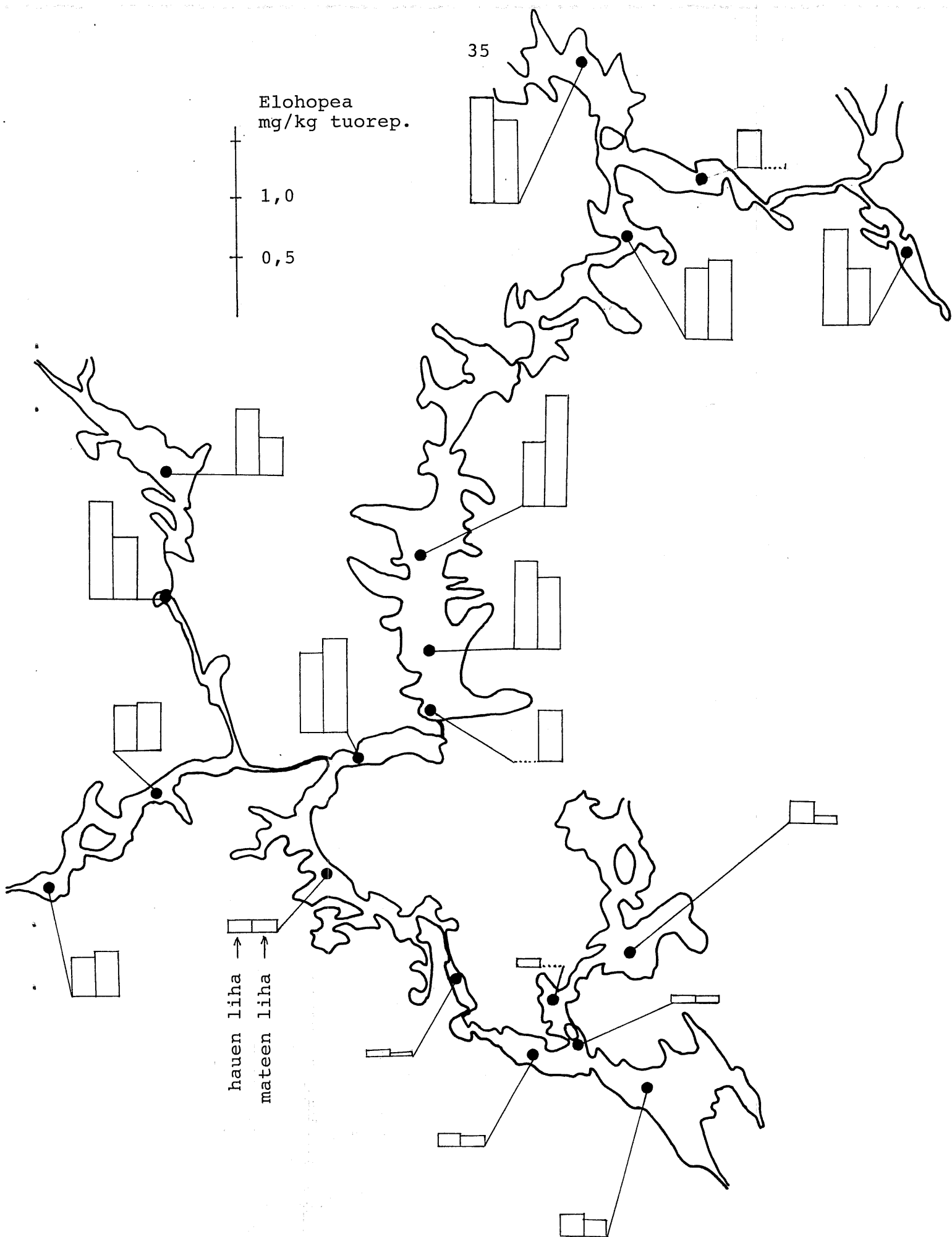
Vähiten elohopeaa oli Vanajan reitin kaloissa. Korkein mitattu pitoisuus oli vain 0,18 mg/kg. Sedimentin elohopeapitoisuuden perusteella olisi Valkeakosken alapuolella voinut olla mitattua enemmänkin elohopeaa kaloissa.

Kyro Oy:n alapuolella, Ikaalisten reitillä kalojen elohopeapitoisuus oli korkea.

Hauki- ja madenäytteiden elohopeapitoisuuden välinen korrelaatio oli erittäin merkitsevä ($r = 0,817^{xxx}$).

Taulukko 3. Kalanäytteiden pituuden, painon ja iän keskiarvo (\bar{x}) ja keskihajonta (s).

Pyyntialue	Hauki					Made								
	n	pituus, cm \bar{x} S	paino, g \bar{x} S	ikä, a \bar{x} S	n	pituus, cm \bar{x} S	paino, g \bar{x} S	ikä, a \bar{x} S						
Kuorevesi	5	51,2	3,1	1000	226	4,6	0,9	5	47,9	1,7	888	93	7,0	1,2
Tarjannevesi	5	53,6	2,8	973	157	5,4	0,5	5	44,1	1,7	685	91	6,8	1,1
Paloselkä	4	51,0	1,8	881	124	5,0	0	0						
Ruovesi	5	51,0	3,2	918	189	4,6	0,5	5	48,4	3,2	968	223	7,0	1,4
Koljonselfä	5	52,7	4,8	991	303	5,2	0,4	5	47,3	1,9	815	173	..	
Näsiselkä	5	47,5	0,9	733	62	4,6	0,5	5	46,8	8,6	818	416	8,0	2,9
Lielähti	0							4	50,5	3,9	1050	285	6,3	1,3
Pyhäjärvi	4	49,5	1,1	865	121	4,3	0,5	3	45,0	1,7	642	94	8,3	1,5
Mallasvesi	5	54,6	4,3	1205	320	5,4	0,5	5	47,0	4,5	752	220	4,8	0,5
Vanaanselkä	5	50,1	4,1	852	247	5,4	0,5	5	38,2	3,6	503	92	..	
Kärjenniemenselkä	5	51,5	2,0	950	136	5,6	0,9	0						
Rauttunselfä	5	49,6	3,2	816	155	4,0	1,0	5	46,5	5,0	731	212	6,8	2,8
Makkaraselfä	5	50,9	3,4	924	164	4,4	0,5	4	46,0	1,5	755	4	7,0	1,6
Korteselfä	5	50,6	1,5	793	87	5,2	0,4	5	45,2	1,3	732	50	7,0	1,2
Anianselfä	3	47,5	0,5	717	35	4,0	0	4	44,4	2,1	740	136	..	
Kyrösjärvi	5	50,8	2,8	853	242	6,0	0,7	5	43,4	1,9	624	105	7,6	0,5
Kirkkojärvi	5	53,4	1,7	991	133	6,0	0	4	48,1	3,0	838	164	6,0	1,4
Kulovesi	5	48,9	2,6	727	113	4,2	0,8	5	44,9	2,7	735	154	6,0	1,6
Rautavesi	4	55,1	4,3	1158	177	4,5	0,6	5	48,5	4,8	716	113	6,8	1,5
Kaikki	85	51,3	3,5	910	210	4,9	0,8	79	46,0	4,2	760	200	6,8	1,7



Kuva 6. Elohopeapitoisuus kalanäytteissä.

4.2 ORGAANISET KLOORIYHDISTEET

4.21 Jätevesi- ja sedimenttinäytteet

Kloroformia tavattiin lähes kaikista jätevesinäytteistä (taulukko 4, liite 4). Kaikkein korkein pitoisuus oli Säterin jätevesissä. Puhdistuksella ei näyttänyt olevan merkitystä. Korkeita pitoisuuksia tavattiin odotetusti myös kloori-alkalivalkaisumenetelmää käyttävien puunjalostustehtaiden jätevesissä. Näiden alueiden sedimenteistäkin löytyi kloroformia (liite 5).

PCB-yhdisteitä ei tavattu lainkaan jätevesistä eikä sedimenteistä.

DDT ja sen metaboliitteja ei löydetty jätevesistä. Pyhäjärven Tampereen puoleisessa päässä oli DDT:ä ja DDD:ä yhteensä 60 ng/g kuivaa sedimenttiä.

Lindaania todennäköisesti joutuu vesistöön lähes jokaisesta asumajätevedenpuhdistamosta. Sen sijaan vain Valkeakosken alapuolelta sedimentistä sitä löytyi analysoitava määrä.

Sedimentti näyttää kaiken kaikkiaan olevan huono analysointikohde etsittäessä orgaanisia klooriyhdisteitä. Tässä tutkimuksessa ainoastaan Pyhäjärvestä ja Kärjenniemenselällä oli analysoitavia määriä DDT:ä, DDD:ä, oksiklordaania, 2,3,5-trikloori-p-symeeniä, heksaklooribentseeniä tai lindaania (liite 5).

Taulukko 4. Jätevesien orgaaniset klooriyhdisteet.

Kuormittaja	Lukumäärä	Kloroformi ng/l	PCB ng/l	Kloorifenolit ng/l
Puunjalostusteollisuus				
- kloorialkalivalkaisu	3	5800-43000	0	7000-140000
- muu	7	0-2300	0	50-28000
Kemian teollisuus	2	1800-290000	0	2100-136000
Nahkateollisuus	1	1200	0	3300
Lankavärjäys	1	5500	0	710
Asutus	18	0-4800	0	45-960
Kaatopaikat	2	10-510	0	1300-2900

Kloorifenolien yhteenlaskettu pitoisuus oli odotetusti korkein kloorialkalivalkaisua käyttävien puunjalostustehtaiden jätevesissä (taulukko 4, liite 4). Tervasaaren tehtaiden jätevesistä kloorifenoleita löytyi myös runsaasti. Siellä on käytössä peroksidivalkaisu. Lisäksi Valken kemiallisen tehtaan jätevedessä oli erittäin runsaasti kloorifenoleita. Kloorifenoleista analysoitiin 14 eri yhdistettä. Pentakloorifenolia tavattiin kaikista näytteistä. Tetrakloorifenoli ja 2,4,6-trikloorifenoli olivat yleisiä. Asumajätevesissä ei juuri muita yhdisteitä esiintynyt. 2,4,5-trikloorifenolia ei löydetty lainkaan ja 2,6-dikloorifenolia sekä tetrakloorikatekolia vain yhdestä näytteestä vähän.

Mäntän alapuoliseen vesistöön joutui jätevesien mukana 2,4,6-trikloorifenolia, 2,4-dikloorifenolia ja tetraklooriguajakolia. Sedimentin kloorifenolipitoisuus oli yhteensä 83 ng/g likaantuneeksi arvioidulla alueella ja 24 ng/g lievästi likaantuneella alueella (liite 5). Vertailualueilta ei tavattu analysoitavia määriä. 2,4-dikloorifenolia ei löydetty sedimentistä lainkaan, vaikka sitä jätevesissä oli melko paljon. Vastaavasti sedimentistä löydettiin sellaisia klooriyhdisteitä (3,4,5-trikloorikatekoli, 3,4,5-triklooriguajakoli ja tetrakloorikatekoli), joita ei tavattu jätevesistä.

Näsijärven eteläosaa kuormittavissa jätevesissä oli 2,4,6-trikloorifenolia, 3,4,5-triklooriguajakolia ja tetrakloorifenolia. Sedimentistä löytyi pieniä määriä samoja yhdisteitä kuin jätevesistä sekä jäämiä myös 4,5-diklooriguajakolista ja tetrakloorikatekolista (liite 5).

Pyhäjärven suoraan kohdistuva kloorifenolikuormitus oli melko vähäistä. Eniten sinne johdettiin 2,6-dikloorifenolia, pentakloorifenolia ja 2,4-dikloorifenolia. 2,6-dikloorifenolia tavattiin ainoastaan Takon jätevesistä. Sedimentistä ei sitä löytynyt eikä myöskään 2,4-dikloorifenolia (liite 5). Sedimentissä oli eniten 2,4,6-trikloorifenolia ja 3,4,5-triklooriguajakolia, joita kyllä oli jätevesissäkin. Pyhäjärven puolelle saattaa kulkeutua osa Näsijärven eteläpään kuormituksesta.

Valkeakosken alapuolinen vesistö sai vastaanottaa varsin paljon erilaisia yhdisteitä. Eniten aluetta kuormitti 3,4,5-triklooriguajakoli, 3,4-dikloorikatekoli ja tetrakloorifenoli. Sedimentistä löytyi eniten niitä yhdisteitä, mitä jätevesissäkin oli eniten (liite 5). Ainoastaan 4,5,6-triklooriguajakolia oli sedimentissä kohtalaisesti, vaikka jätevesissä sitä ei tavattu. Samaa ainetta löytyi myös vertailualueen (Roine) sedimentistä. Raskaimmin kuormitetulla alueella kloorifenolien pitoisuus sedimentissä oli alhainen. Enemmän niitä löytyi vasta lievästi likaantuneelta alueelta. Samaa oli havaittavissa Pyhäjärven Tampereen puoleisessa päässä.

Ikaalisten reitillä kloorifenolipäästöt olivat vähäisiä. Sedimentistä saatiin tunnistettua samoja yhdisteitä kuin jätevesistä (2,4,6-trikloorifenoli, tetrakloorifenoli ja pentakloorifenoli, liite 5). Pitoisuudet olivat pienempiä kuin analyysin alaraja.

Nokian alapuolelle on johdettu runsaasti 3,4,5-trikloorikatekolia, 2,4,6-trikloorifenolia, 4,5-diklooriguajakolia ja 2,4-dikloorifenolia. 14 analysoidusta yhdisteestä 10 löytyi Oy Nokia Ab:n sellutehtaan jätevesistä. Kuormitukseen verrattuna sedimentin pitoisuudet olivat pieniä. Kloorifenolien yhteenlaskettu määrä oli Kulovedessä 9 ng/g ja Rautavedessä 3 ng/g kuivaa sedimenttiä.

4.22 K a l a n ä y t t e e t

Kloroformia ei analysoitu kaloista.

PCB:tä löytyi paikoin jopa runsaasti kalanäytteistä, vaikkei jätevesistä eikä sedimentistä sitä löytynyt lainkaan (kuva 7, liitteet 7, 8 ja 9). Pyhäjärvessä pitoisuus oli korkein. Lisäksi Vanajan reitiltä ja Rautavedestä löytyi korkeita pitoisuuksia. Juuri Vanajan reitillä oli PCB-päästöjä vielä 1980-luvulla. Kaikissa kalanäytteissä PCB:ä oli analysoitavia määriä. Pienimmät pitoisuudet olivat Näsijärven reitin yläosassa. Pitoisuudet maksassa olivat lähes

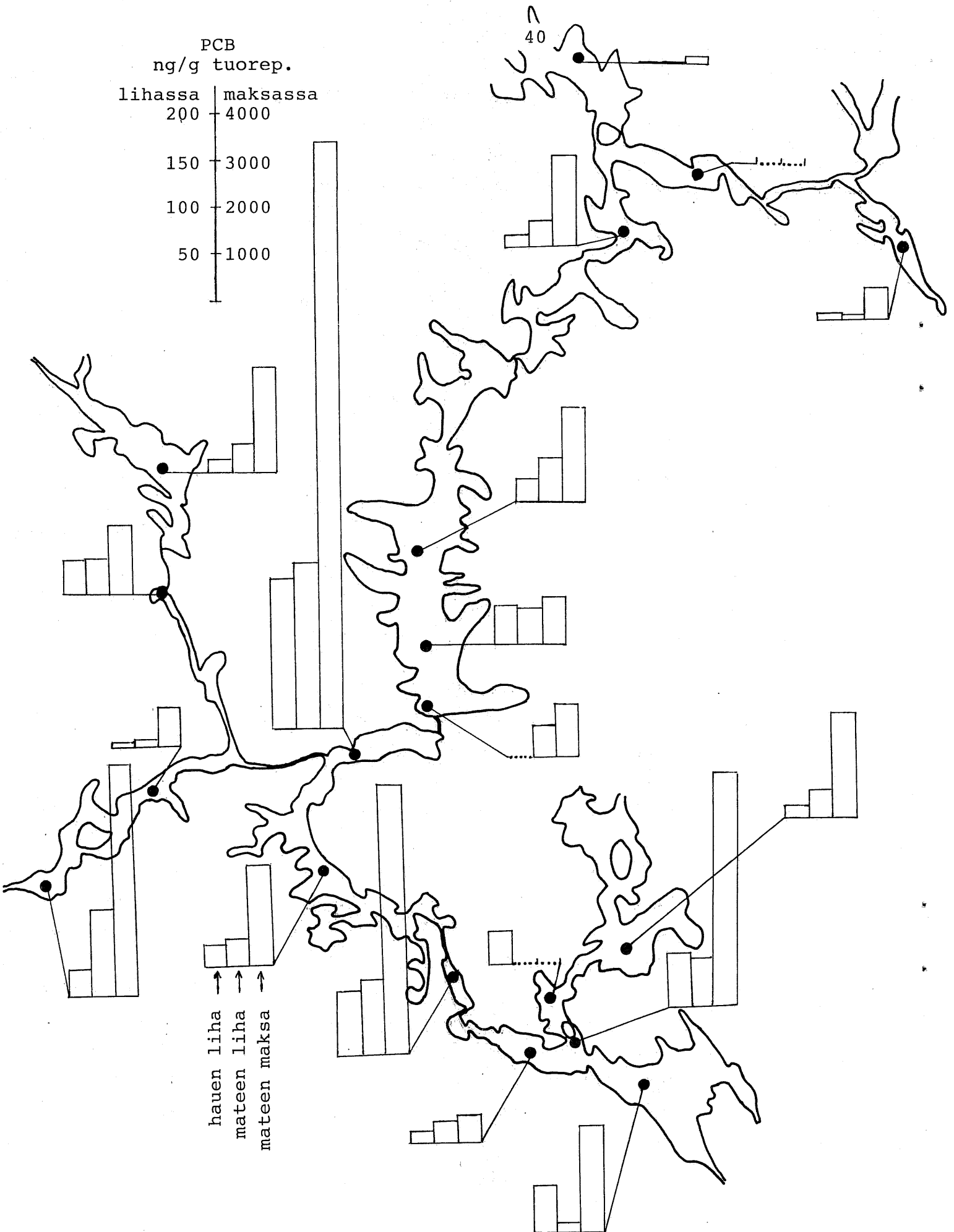
100-kertaisia lihaan verrattuna. Korrelaatio samojen pyynti-alueiden hauki- ja madenäytteiden PCB-pitoisuuksien välillä oli erittäin merkitsevä sekä ilmaistaessa PCB-pitoisuus tuorepainoa että rasvaa kohden (taulukko 5).

Taulukko 5. Korrelaatiokerroin hauen ja mateen PCB-pitoisuuksien välillä.

	Mateen liha	Mateen maksa
Hauen liha		
- PCB/tuorep.	0,880 xxx	0,924 xxx
- PCB/rasva	0,897 xxx	0,987 xxx
Mateen liha		
- PCB/tuorep.		0,945 xxx
- PCB/rasva		0,864 xxx
xxx p = < 0,001	x p = < 0,05	
xx p = < 0,01	o p = < 0,10	

DDT ja sen metaboliitit olivat myös aineryhmä, jota löytyi kaikista kalanäytteistä, vaikka jätevesissä niitä ei havaittu. Sen sijaan Tampereen Pyhäjärven sedimentissä niitä oli ja Valkeakosken alapuolella, Kärjenniemenselällä (kuva 8, liitteet 7, 8 ja 9). Korkeimmat pitoisuudet löytyivät jälleen Tampereen Pyhäjärven kaloista. Näsijärvestä DDT:ä oli säännöllisesti kaikissa näytteissä varsin paljon. Vanajan reitiltä löytyi joitain piikkejä, mutta taso oli yleensä alhainen. Kyrösjärven mateissa pitoisuus oli myös kohonnut. Samoilta paikoilta pyydettyjen haukien ja mateiden DDT:n, DDD:n ja DDE:n yhteenlaskettujen pitoisuuksien välillä ei ollut korrelaatiota. Myös mateen lihas- ja maksanäytteiden välinen korrelaatio oli vähäistä. Ainoastaan rasvaa kohti laskettuna korrelaatio oli suuntaa antava ($r = 0,412$ o). Maksan DDT-pitoisuudet olivat 50 - 100 -kertaisia lihaan verrattuna.

PCB
ng/g tuorep.
lihassa maksassa
200 4000
150 3000
100 2000
50 1000



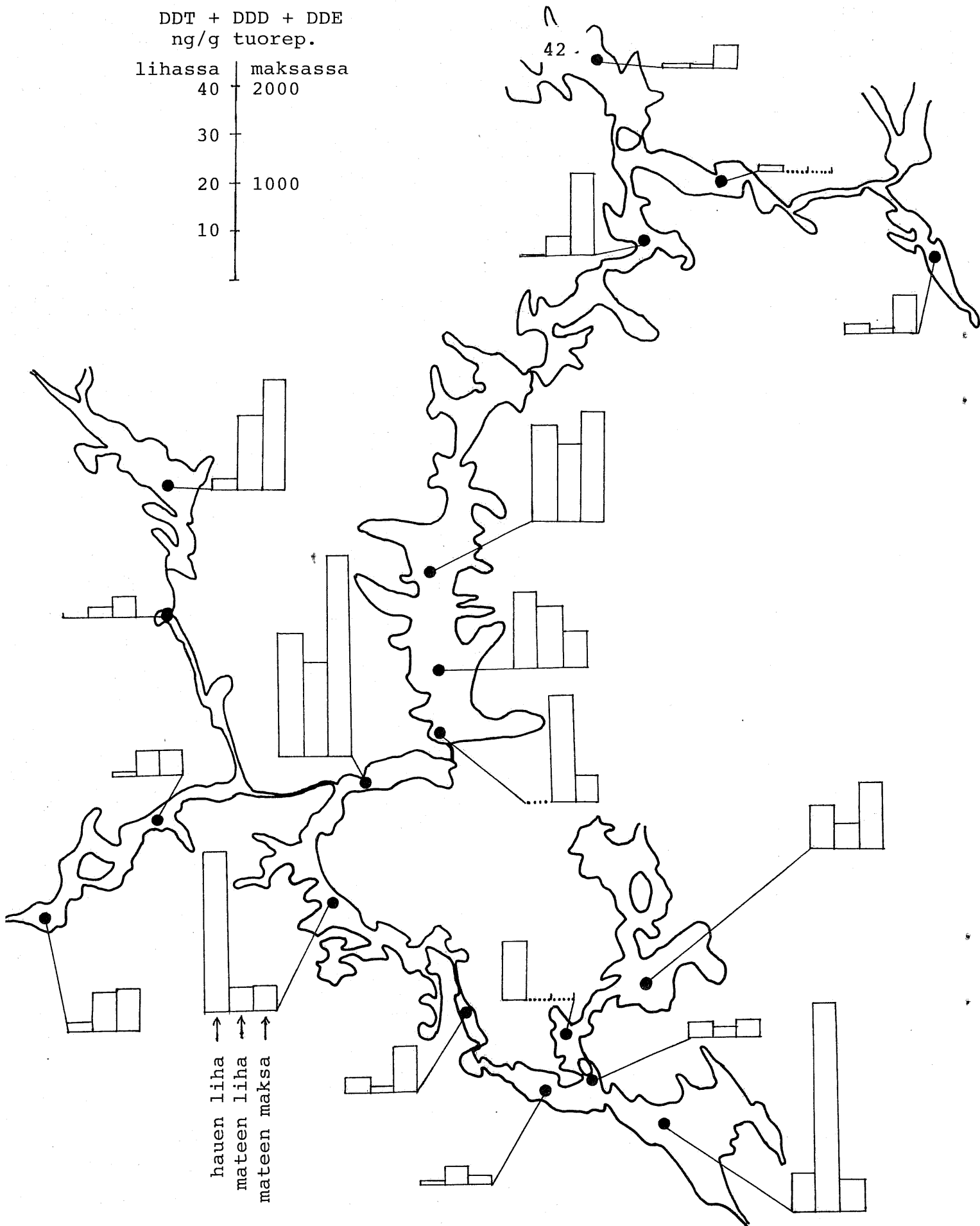
Kuva 7. PCB-pitoisuudet kalanäytteissä.

Kloorifenoliyhdisteitä löytyi vaihtelevasti eri alueiden kaloista (kuvat 9, 10, 11 ja 12, liitteet 7, 8 ja 9). Kloorifenolien yhteenlaskettu pitoisuus oli suurin Näsiselällä, Pyhäjärvesä ja Kärjenniemenselällä. Rautaveden kalojen puhtaus on ymmärrettävää, koska näytteet oli otettu Oy Nokia Ab:n sellutehtaan lopettamisen jälkeen. Sen sijaan Valkeakosken teollisuuden vaikutuspiirissä, Rauttunselällä kloorifenoleita oli yllättävän vähän kaloissa.

Mäntän alapuoliselta likaantuneelta vesialueelta saatiin näytteiksi ainoastaan haukia. Kloorifenoleita niissä oli vähän. Jätevedessä esiintyneet yhdisteet löydettiin kaloistakin (taulukko 6). Lisäksi niissä oli neljää muuta yhdistettä. Ne eivät kuitenkaan olleet yhtä lukuun ottamatta samoja kuin sedimentistä löydettyt muut kloorifenolit. Tutkituista neljästätoista yhdisteestä vain kahta (3,4-dikloorifenoli ja 3,4,5-trikloori-, 2,6-dimetoksifenoli) ei tavattu vesistöistä. Vertailualueelta, Kuorevedeltä, kloorifenoleita löytyi pieniä määriä neljää eri yhdistettä. Näiden alkuperä on ainakin osaksi asumajätevesissä.

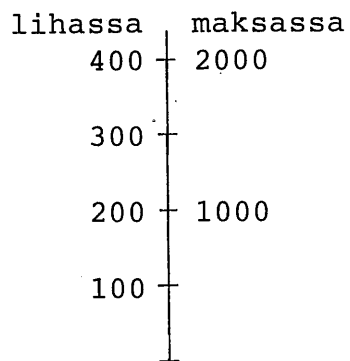
Näsijärven kaloista löytyi niinikään kaikkia jätevesissä esiintyneitä kloorifenoleita (taulukko 6). Myös kaikkia sedimentistä löytyneitä yhdisteitä oli kaloissa. 2,6-dikloorifenoli oli ainoa yhdiste, jota ei tavattu kalanäytteistä. Runsaampina esiintyivät pentakloorifenoli ja tetrakloorifenoli sekä vain mateissa 4,5-diklooriguajakoli. Vertailualue, Tarjannevesi näyttäisi myös olevan jossain määrin kuormitettu. Tarjanneveteen tulee teollisuusjätevesiä Visuvedeltä. Niitä ei kuitenkaan pidetty merkittävinä tätä tutkimusta suunniteltaessa eikä niitä tutkittu tässä yhteydessä.

Pyhäjärven kaloista löytyi kohtalaisen runsaasti juuri jätevesien kloorifenoliyhdisteitä (taulukko 6). Lisäksi tavattiin 2,4,5-trikloorifenolia, jota ei ollut sedimenttinäytteissäkään. Eniten kaloissa oli 2,4-dikloorifenolia ja tetrakloorifenolia.

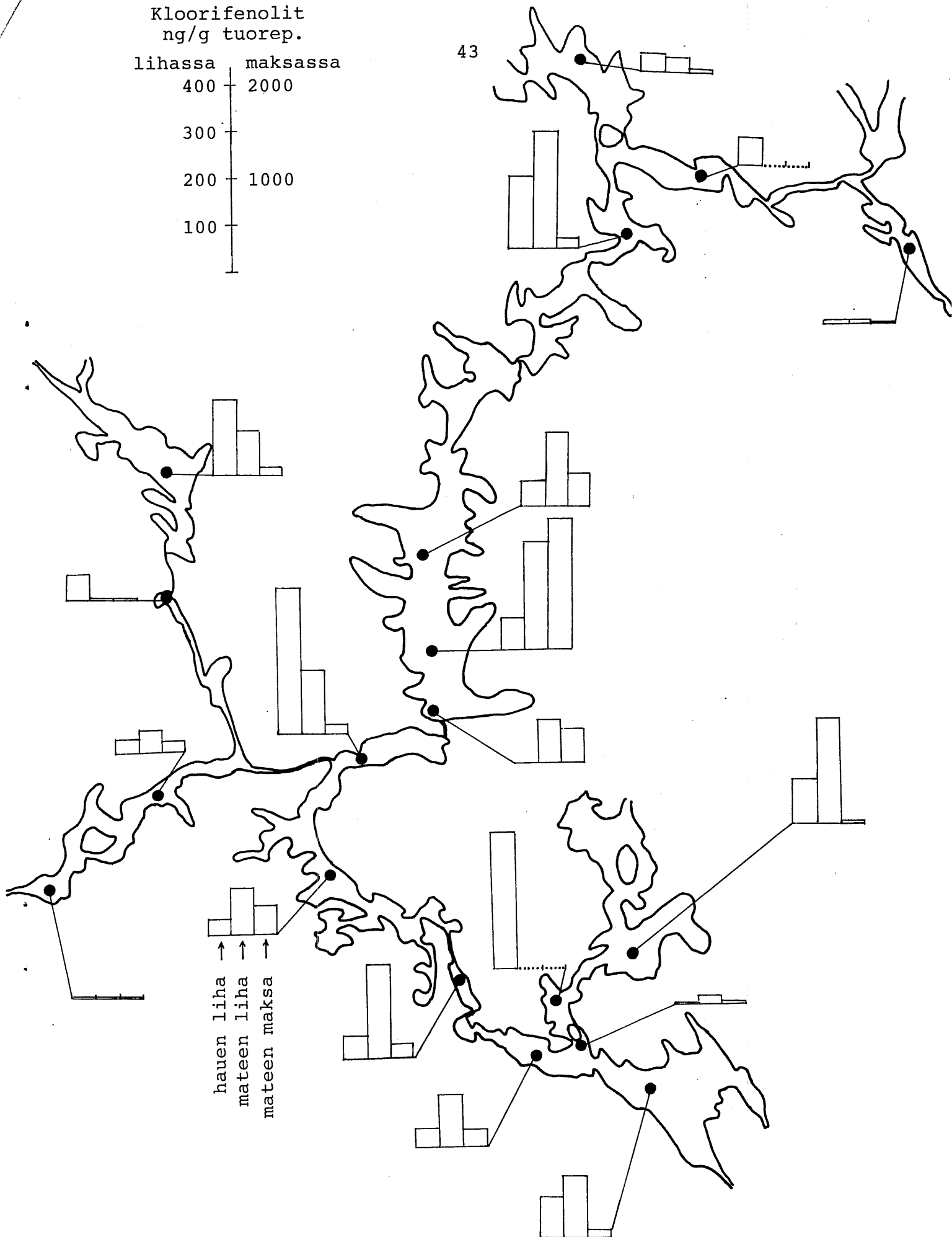


Kuva 8. DDT:n ja sen metaboliittien pitoisuudet kalanäytteissä.

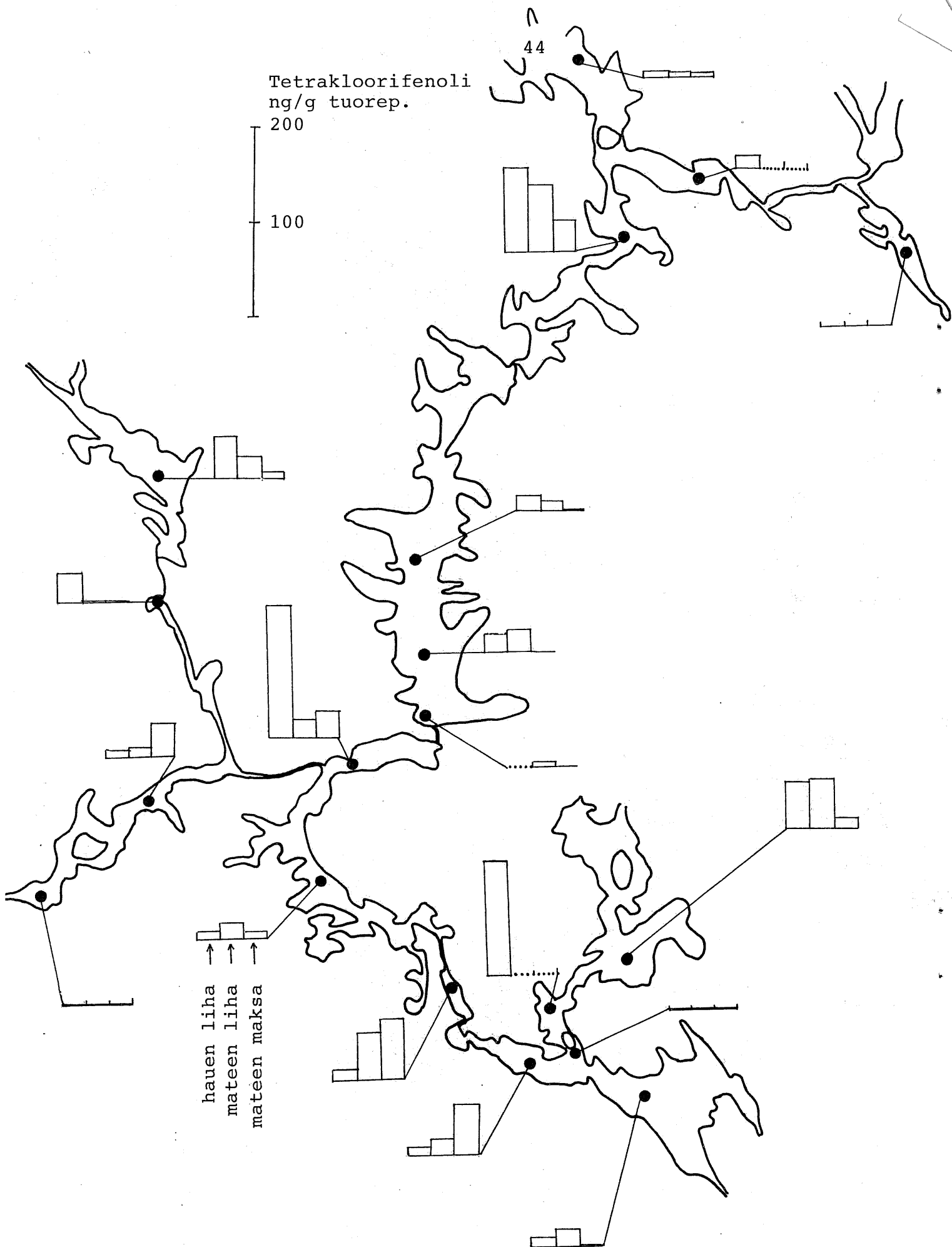
Kloorifenolit
ng/g tuorep.



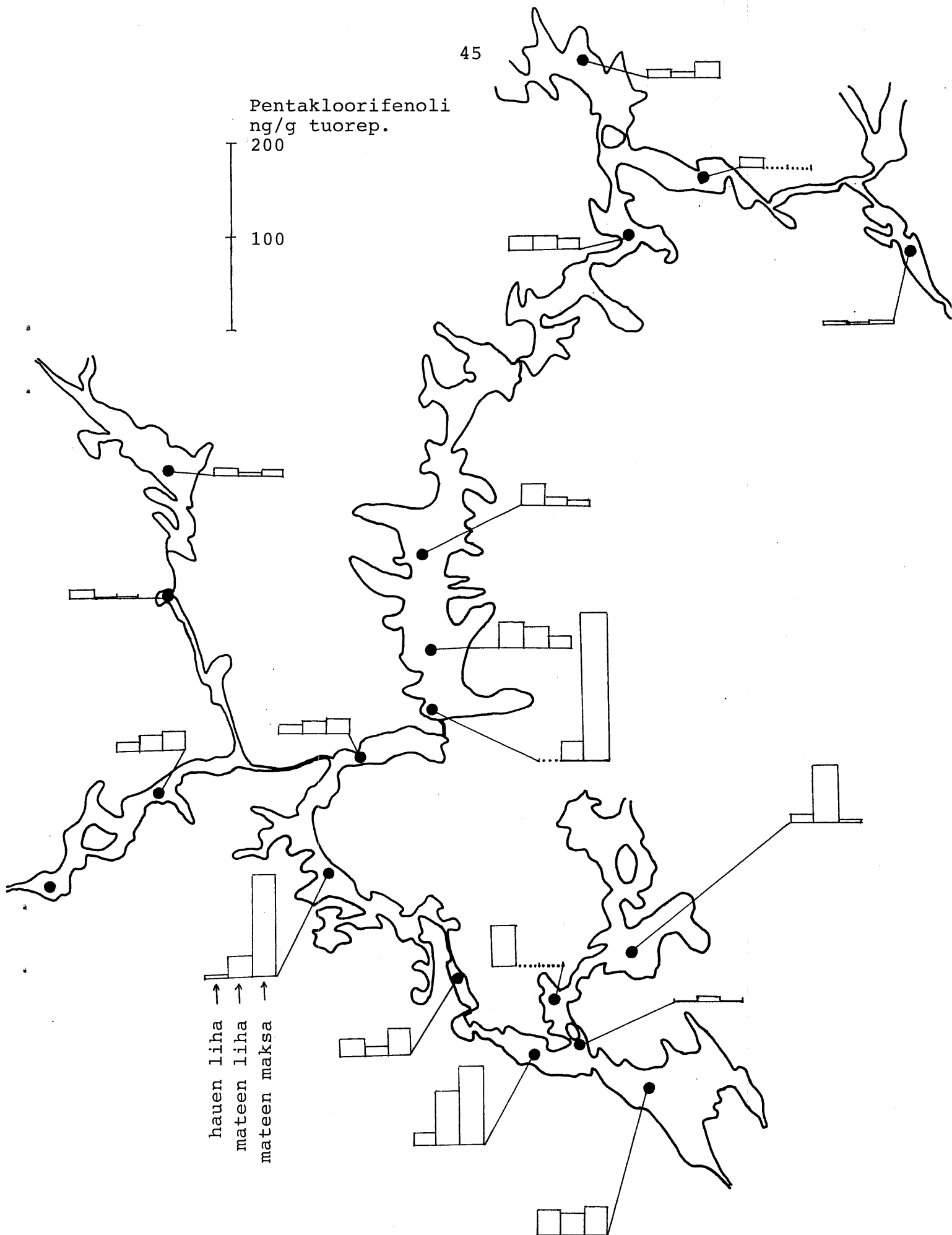
43



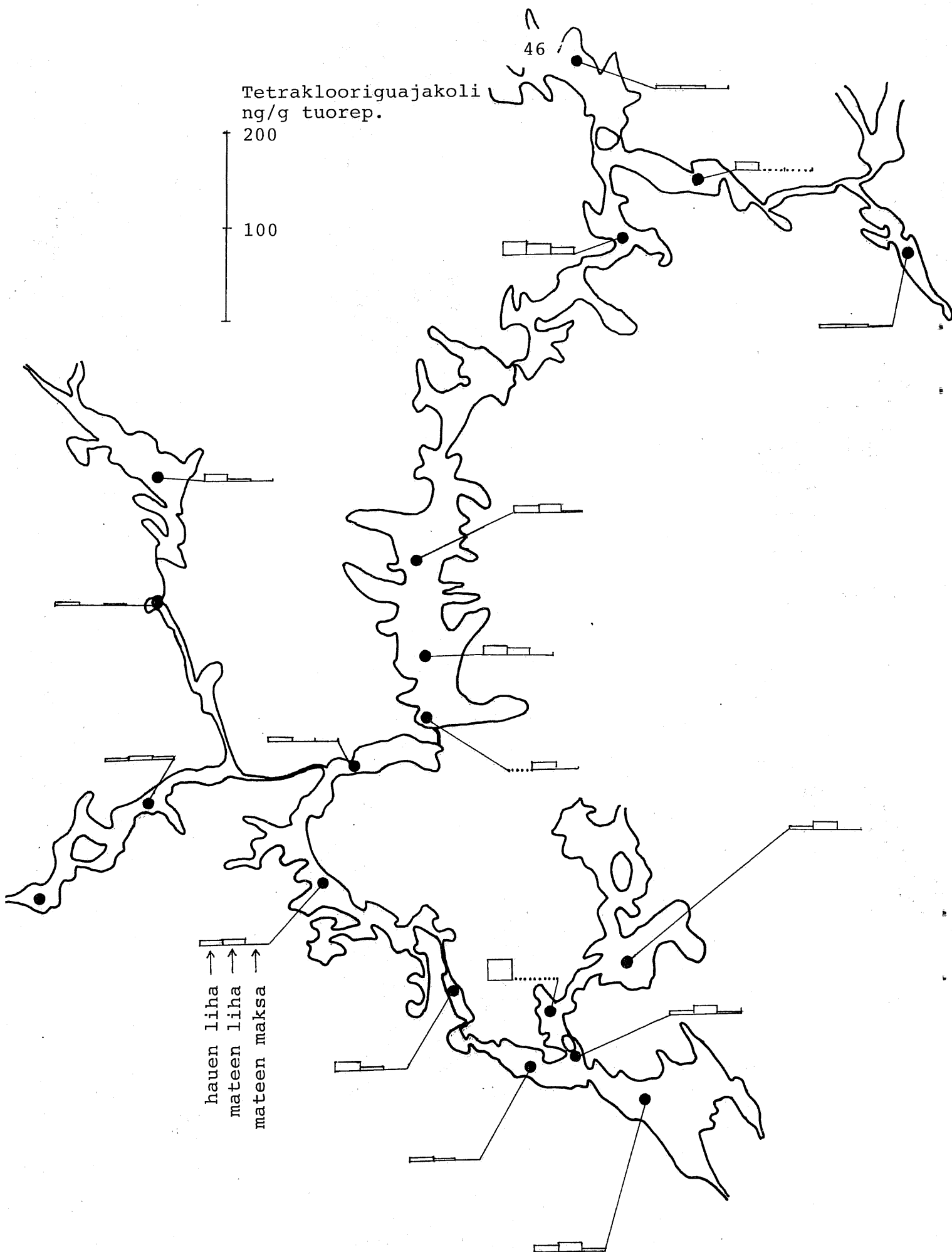
Kuva 9. Kloorifenolipitoisuus kalanäytteissä.



Kuva 10. Tetrakloorifenolipitoisuudet kalanäytteissä.



Kuva 11. Pentakloorifenolipitoisuus kalanäytteissä.



Kuva 12. Tetraklooriguajakolipitoisuus kalanäytteissä.

[illegible]

Ainut yhdiste, jota Vanajan reitin kaloista ei löytynyt, oli 2,6-dikloorifenoli (taulukko 6). Runsaimpina tavattiin tetrakloorifenolia, 3,4,5-trikloorikatekolia, pentakloorifenolia, 2,4,5-trikloorifenolia ja tetraklooriguajakolia. 2,4,5-trikloorikatekolia ei ollut jätevesissä. Vertailualueen kaloista sitä myös löydettiin. Vertailualueet Roine ja Mallasvesi näyttivät sedimentti- ja kala-aineiston perusteella jossain määrin kuormitetuilta. Mallasvedelle on johdettu Säterin ns. puhtaita vesiä, joiden ei pitäisi olla kuormittavia. Niiden kloorifenolipitoisuuksista ei kuitenkaan ole tietoa.

Ikaalisten reitillä, vertailualueella oli vähintään yhtä paljon kloorifenoleita kuin lievästi likaantuneella alueella (taulukko 6, kuva 8). Kyrösjärveen johtaa jätevesiä Ikaalisten kaupunki. Sen jätevesissä oli samat yhdisteet löydettävissä kuin kaloistakin. Kyrösjärveen johdetaan myös Oy Kyrö Ab:n kuorimon vedet, mutta niistä ei pystytty analysoimaan kloorifenoleita joidenkin muiden analyysia häiritsevien yhdisteiden vuoksi.

Nokian alapuolisen vesistön kaloissa oli huomattavan vähän kloorifenoleita verrattuna jätevesien sisältämään määrään. Kaloissa tavatut kloorifenoliyhdisteet löytyivät 2,6-dikloorifenolia lukuun ottamatta myös jätevesistä. Rautaveden kalat oli pyydetty vasta kuormituksen vähennyttyä oleellisesti eikä niitä voida tarkastella tässä yhteydessä.

Mateen liha- ja maksanäytteiden kloorifenolipitoisuuksien välillä riippuvuus oli jokseenkin merkitsevä (taulukko 7). Hauen ja mateen lihanäytteiden välinen riippuvuus oli lähinnä suuntaa antava. Pitoisuuksien laskeminen tuorepainoa tai rasvaa kohden ei juuri vaikuttanut tilanteeseen.

Taulukko 7. Korrelaatiokerroin hauen ja mateen kloori-fenolipitoisuuksien välillä.

	Kloori-fenolit	Tetrakloorifenoli	Pentakloorifenoli	Tetrakloorifenoli
Hauen liha/mateen liha				
- tuorep.	0,439 °	0,434 °	0,177	0,529 x
- rasva	0,353	0,430 °	0,383	0,445 x
Mateen liha/maksa				
- tuorep.	0,487 x	0,518 x	0,306	0,408
- rasva	0,517 x	0,499 x	0,323	0,447 °

Liha- ja maksanäytteissä pitoisuudet olivat samaa tasoa.

5 T U L O S T E N T A R K A S T E L U

5.1 ELOHOPEA

Jätevesinäytteiden perusteella ei löytynyt mitään mainittavaa elohopeapäästöä vesistöön. Suomessa kemianteollisuus on suurin kuormittaja (Vesihallitus 1983). Elohopeapäästöjä on viime vuosikymmenen aikana voitu merkittävästi vähentää kloorialkaliteollisuudessa. Muita lähteitä ovat metalliteollisuus sekä maa- ja metsätalous, missä käytetään elohopeapitoisia valmisteita kasvitautien torjuntaan. Elohopean käyttö liman-torjunta-aineena lopetettiin vuonna 1968.

Elohopean on merivedessä todettu pääasiassa liittyneen hiukasmaiseen aineeseen ja sedimentoituvan (Therkelsen 1977).

Sedimentissä elohopea voi lähinnä bakteerien toimesta metyloitua paitsi hapettomissa oloissa, kun elohopea on sulfidina (Jensen ja Jernelöv 1972).

Tässä tutkimuksessa sedimentin elohopeapitoisuus vaihteli välillä 0,10 - 0,94 mg/kg kuivaa sedimenttiä. Pitoisuus oli ilmeisesti kaikissa näytteissä jossain määrin kohonnut, sillä luonnontilaisena on eri tutkimuksissa pidetty alle 0,10 mg/kg (Vernet ym. 1976, Lodenius 1980 ja Paasivirta ym. 1983b). Kokemäenjoen yläosassa on elohopeapitoisuus nyt

0,17 mg/kg, kun vanhoissa (luonnontilaisissa) kerrostumissa se on 0,06 mg/kg (Häkkilä 1984).

Paasivirran ym. (1983b) tutkimusten mukaan Päijänteen puoli-likaantuneeksi arvioidut pohjat sisälsivät elohopeaa 0,13 - 0,36 mg/kg ja Vatianjärven likaantunut pohja 0,51 - 0,82 mg/kg. Kokemäenjoen vesistöistä löytyy Päijänteen tasoa olevia pitoisuuksia Kuorevedestä, Koljonselältä, Rauttunselältä, Hämeenkyrön Kirkkojärvestä, Kulo- ja Rautavedestä. Vatian tasolla ovat Näsiselkä, Pyhäjärvi ja Kärjenniemenselkä.

Mäntän seudulla pintasedimentin elohopeapitoisuus oli 1970-luvulla korkeampi kuin nyt (0,6 - 4,1 mg/kg, Kettunen 1978). Kaikki näytteet olivat Mäntän tehtaiden jätevesien vaikutusalueelta. Nytkin olisi varmaan voitu löytää elohopeapitoinen kerros pintaa syvemmältä vanhoista kerrostumista. Kokemäenjoessakin on korkeampi pitoisuus vanhoissa kerrostumissa kuin aivan pinnassa (Häkkilä 1984). Elohopeapäästöjen vähennyttyä on Ruotsin Vänern -järvessä voitu havaita pintasedimentin elohopeapitoisuuden laskevan (Naturvårdsverket 1987). Kun vuosina 1973-74 elohopeaa mitattiin keskimäärin 8 mg/kg ja pahimmillaan yli 10 mg/kg, oli kymmenen vuotta myöhemmin pitoisuus 1,2 mg/kg.

Kalojen elohopeapitoisuuden kehittymistä on seurattu viimeiset 20 vuotta niissä järvissä, joihin tiedetään joutuneen elohopeaa 1960-luvulla. Haukien elohopeapitoisuus on jatkuvasti laskenut. Tässä tutkimuksessa kalojen elohopeapitoisuus ei ylittänyt lääkintöhallituksen kalojen syöntikelpoisuudelle asettamaa 1 mg/kg rajaa. Näsijärven reitillä mateen ja hauen elohopeapitoisuus oli yleensä niin suuri, että kalan käyttöä ravinnoksi tulee rajoittaa lääkintöhallituksen ohjeen mukaan alle 0,5 kg:aan viikossa.

Mäntän alapuolisessa vesistöissä elohopeapitoisuus väheni vuonna 1970 todetusta 0,92 mg/kg kilon kokoisessa haussa alle 0,5 mg/kg 1980-luvulla (Kettunen 1978, Verta 1981, Miettinen ja Verta 1984). Yläpuolisessa vesistöissä Keurusselällä pitoisuus on samalla aikajaksolla vaihdellut välillä 0,37 - 0,57 mg/kg. Korkeimmillaan se oli vuonna 1971. Kuoreveden

hauista löydettiin nyt yllättävän paljon elohopeaa, 0,83 mg/kg. Samaan aikaan mateissa oli vain 0,48 mg/kg. Kun vuonna 1982 Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys sai neljän hauen keskipitoisuudeksi 0,44 mg/kg, on syytä epäillä tuloksen oikeellisuutta. Vuonna 1982 hauista kolme painoi lähelle kilon ja yksi oli vain 450 g (Jukka Mankki, suullinen tiedonanto).

Elohopeapitoisuus Näsiselän hauissa on alentunut 1,4 mg:sta/kg vuonna 1967 0,75 mg:aan/kg vuonna 1984 (Verta 1981, Miettinen ja Verta 1984). Koljonselällä lasku on ollut vielä suurempi vastaavana aikana (1,9 mg/kg ja 0,54 mg/kg). Tarjannevedessä viime vuosien kehitys näyttää päinvastaiselta:

0,54 mg/kg	vuonna	1978-79	(Miettinen ja Verta 1984)
0,65	"	"	1980 (Verta 1981)
0,91	"	"	1985.

Tarjanneveteen ei tiedetä joutuneen elohopeaa.

Vertan ym. (1986) mukaan voidaan haukien elohopeapitoisuutta arvioida mm. veden värin perusteella sekä veden värin ja järven pinta-alan perusteella. Tarjanneveden väri on keskimäärin 65 mg Pt/l ja pinta-ala 54,7 km² (tiedot Tampereen vesi- ja ympäristöpiiristä), jolloin elohopeapitoisuudeksi saadaan 0,5 - 0,6 mg/kg. Tulos vastaa vuosien 1978-79 tasoa.

Pyhäjärven haukien elohopeapitoisuuden kehittyminen on samanlainen kuin Näsijärvessä. Vuonna 1970 pitoisuus oli 1,6 mg/kg ja 1980-luvulla alle 1 mg/kg (Verta 1981, Miettinen ja Verta 1984).

Ikaalisten reitillä elohopeapitoisuuden lasku on ollut huomattavaa. Kirkkojärven haussa oli elohopeaa 2,3 mg/kg vuonna 1971, 0,63 mg/kg vuonna 1980 ja 0,81 mg/kg vuonna 1985 (Verta 1981). Kyrösjärvessä pitoisuus on samana aikana vaihdellut välillä 0,31 - 0,56 mg/kg.

Kulo- ja Rautavedessä on yli 1 mg/kg arvoista päästy vajaassa 20 vuodessa alle 0,5 mg/kg.

Näsijärven ja Pyhäjärven sedimentin korkea elohopeapitoisuus saattaa vielä pitkään ylläpitää varsin korkeaa elohopeapitoisuutta kaloissa (vrt. Särkkä 1980, Eriksson ym. 1981). Ruotsissa on tästä syystä päädytty ruoppaamaan puunjalostusteollisuuden jätevesien purkualueelta pois vanha elohopeapitoinen kuituaines. Elohopeapitoisuuden kehittymistä on syytä edelleen seurata näissä järvissä. Lisäksi on varmistuttava Kuoreveden ja Tarjanneveden kalojen elohopeapitoisuudesta uusintänäytteiden avulla.

5.2 MUUT RASKASMETALLIT

Kadmium ja lyijy ovat elohopean ohella elimistöön rikastuvia metalleja. Kadmiumia pidetään elohopean jälkeen myrkyllisimpänä metallina.

Kadmiumia joutuu vesistöön kemianteollisuudesta ja metalliteollisuudesta, sillä sitä on epäpuhtautena sinkkimalmeissa (Vesihallitus 1983, Nikkilä 1982). Kemira Oy Säterin tehtailta on kadmiumia joutunut vesistöön juuri sinkkipäästöjen yhteydessä. Samoin sinkillä galvanoitujen vesijohtoputkien sisältämää kadmiumia joutuu vesijohtoverkostoon (Nikkilä 1982). Tämä saattaa olla yksi selitys asumajätevesissä tavattuihin pieniin kadmiumpitoisuuksiin. Muita lähteitä ovat voitelu-, diesel- ja polttoöljy. Näistä kadmium leviää ilman kautta ympäristöön. Fosforilannoitteet sisältävät myös kadmiumia aiheuttaen maaperän pitoisuuksien nousun.

Suurimmat lyijypäästöt aiheutuu Suomessa metalliteollisuudesta (Vesihallitus 1983). Bensiinin sisältämän lyijyn vuoksi on ilmalaskeuma merkittävää teiden varsilla. Kokemäenjoen vesistöalueeltakaan ei löytynyt mitään merkittävää yksittäistä kuormittajaa.

Kromia ja kuparia käytetään puunkyllästysaineissa ja nahkateollisuudessa (Vesihallitus 1983). Kuparipäästöjen suurin aiheuttaja on Suomessa kuitenkin metalliteollisuus. Kokemäenjoen vesistössä selluteollisuus näytti olevan suurempi kromin lähde kuin nahkateollisuus.

Sinkkiä käytetään kemianteollisuudessa erityisesti viskoosikuitujen valmistukseen (Vesihallitus 1983). Sitä on myös yhdyskuntien jätevesissä.

Raskasmetallien kertymistä sedimentteihin on käytetty menestyksellisesti osoittamaan jätevesien leviämistä purkuvesistöissä (Kansanen ja Jaakkola 1985, Häkkilä 1980, 1984 ja 1985). Sinkin ja kuparin on todettu adsorboituvan orgaanisten hiukkasten pinnalle ja sedimentoituvan (Förstner 1976). Lyijy on veteen niukkaliukoinen, mutta voi vedessä olla suspendoituneeseen tai kolloidiseen ainekseen liittyneenä. Kerran sedimentoituneet metallit voivat liueta takaisin veteen. Kromin on havaittu siirtyvän aerobisissa oloissa, kun taas kupari, sinkki ja kadmium siirtyvät helpommin pelkistyneissä oloissa (Förstner 1976). Viime vuosina on pintasedimentin kadmium- ja sinkkipitoisuuksien vähentymistä vanhoihin kerrostumiin verrattuna pidetty happamoitumiseen liittyvänä ilmiönä (Naturvårdsverket 1987).

Sedimentin raskasmetallipitoisuuksiksi luonnontilassa on eri tutkimuksissa päädytty lähes yhtenevään tasoon:

Kadmium mg/kg	Kromi mg/kg	Kupari mg/kg	Lyijy mg/kg	Sinkki mg/kg	
..	29-34	19-42	<10-14	62-72	Kokemäenjoki (Häkkilä 1984)
0,2-0,5	10-30	10-30	10-30	10-50	Porin edusta (Häkkilä 1984)
0,3	35	25	50	75	Sveitsin vesistöt (Vernet ym. 1976)

Tässä tutkimuksessa mitattiin kauttaaltaan korkeampia kadmium-, kromi- ja sinkkipitoisuuksia. Kupari- ja lyijypitoisuus oli kohonnut luonnontasosta kaikkein suurimpien taajamien ympäristössä Näsi- ja Pyhäjärvessä, Valkeakosken alapuolella sekä Kulovedessä.

Korkein kadmiumpitoisuus oli Kärjenniemenselällä (1,8 mg/kg). Vuonna 1979 oli samasta paikasta mitattu 4,3 mg/kg kadmiumia (Kansanen ja Jaakkola 1985). Tuolloin oli 9-10 cm syvyydestä löytynyt 12 mg/kg. Kuormituksen vähentyminen näkyy selvästi

sedimentissä. Sinkkikuormituksen väheneminen näkyy samoin Valkeakosken alapuolisessa vesistössä. Vuonna 1979 sinkkiä mitattiin Kärjenniemenselän sedimentistä 22 000 mg/kg (Kansanen ja Jaakkola 1985). Aivan sedimentin pintaan oli jo tuolloin kerrostunut tätä pienempiä pitoisuuksia sisältävää ainesta. Vuonna 1984 pitoisuus oli enää 2 700 mg/kg, sekin selvästi luonnontasoa korkeampi. Sinkkikuormituksen jäljet näkyvät laajalla alueella Valkeakosken alapuolella. Kohonneita pitoisuuksia on mitattu Valkeakoskelta Lempäälään ja kauas Vanajanselän puolelle (Kansanen ja Jaakkola 1985). Sinkki on Vanajanselällä muistona ajalta ennen vuotta 1979, jolloin Valkeakosken suunnalta vesi pääsi työntymään vastavirtaan.

Kromipitoisuus vaihteli Kokemäenjoen pehmeissä sedimenteissä välillä 22 - 148 mg/kg (Häkkilä 1984). Porin edustalla meressä sedimentin korkein pitoisuus oli 93 mg/kg (Häkkilä 1980). Tässä tutkimuksessa mitattiin niin Näsijärvestä, Pyhäjärvestä, kuin Viialan Nahkatehtaan alapuolisesta vesistön osasta korkeampia pitoisuuksia. Havainnot jätevesien sisältämästä kromista eivät ilmeisesti ole olleet mikään sattuma.

Kuparipitoisuus oli Kokemäenjoessa välillä 22 - 148 mg/kg (Häkkilä 1984). Joen yläosassa pitoisuus oli vain lievästi taustapitoisuudesta kohonnut. Tässä tutkimuksessa pitoisuus oli välillä 20 - 93 mg/kg.

Lyijypitoisuus Kokemäenjoen yläosassa oli 23 mg/kg ja korkein arvo koko joessa oli 124 mg/kg (Häkkilä 1984). Näsijärvessä oli lyijyä vielä enemmän, korkeimmillaan 170 mg/kg.

Elohopean lisäksi ei nyt tutkitun alueen kaloihin näytä rikastuneen muita raskasmetalleja. Pitoisuudet ovat samaa tasoa kuin, mitä Suomesta on ennenkin mitattu (Nuurtamo ym. 1980, Miettinen ja Verta 1984). Kadmiumpitoisuus on ollut alle määrittelyherkkyyden. Lyijypitoisuus on ollut joko alle analyysiherkkyyden tai kohonnut hauella 0,03 mg/kg ja mateella 0,18 mg/kg. Korkeimmat mitatut kuparipitoisuudet ovat olleet tasolla 1,0 mg/kg, kun pitoisuus yleensä on ollut alle 0,4 mg/kg. Kalojen sinkkipi-

toisuus on vaihdellut 1,8 - 16 mg/kg välillä sekä kromipitoisuus 0,002 - 0,02 mg/kg välillä.

5.3 KLOOROFORMI

Kloroformin on todettu hajoavan biologisesti, joskin mikrobit vaativat aikaa aineenvaihdunnan nopeuttamiseksi (Takala ym. 1981). Osa kloroformista poistuu vedestä haihtumalla. Luonnonoloissa hajoaminen on hidasta. Näsijärvessä kloroformin todettiin käyttäytyvän talviololoissa ligniinin tavoin (Pecher ja Herrmann 1984). Kloroformista arvioitiin vähäisen määrän sedimentoituvan. Tässä tutkimuksessa kloroformia löydettiin lähes kaikista jätevesistä, joten sitä esiintyy yleisesti kuormitettujen alueiden vedessä. Lisäksi sitä tavattiin kuormitettujen alueiden sedimentistä (myös Näsijärvestä) enimmillään 120 ng/g. Paasivirran ym. (1985b) mukaan kloroformi ei keräänny kestäviksi jäämiksi sedimenttiin.

Vaikka kloroformin on todettu kulkeutuvan vesistössä pitkälle ja häviävän hitaasti, ei sen ole havaittu rikastuvan ravintoketjuun (Paasivirta ym. 1983b ja 1983c, 1986a). Haloformiyhdisteistä hiilitetrakloridia pidetään tässä suhteessa pahempana aineena.

5.4 PCB

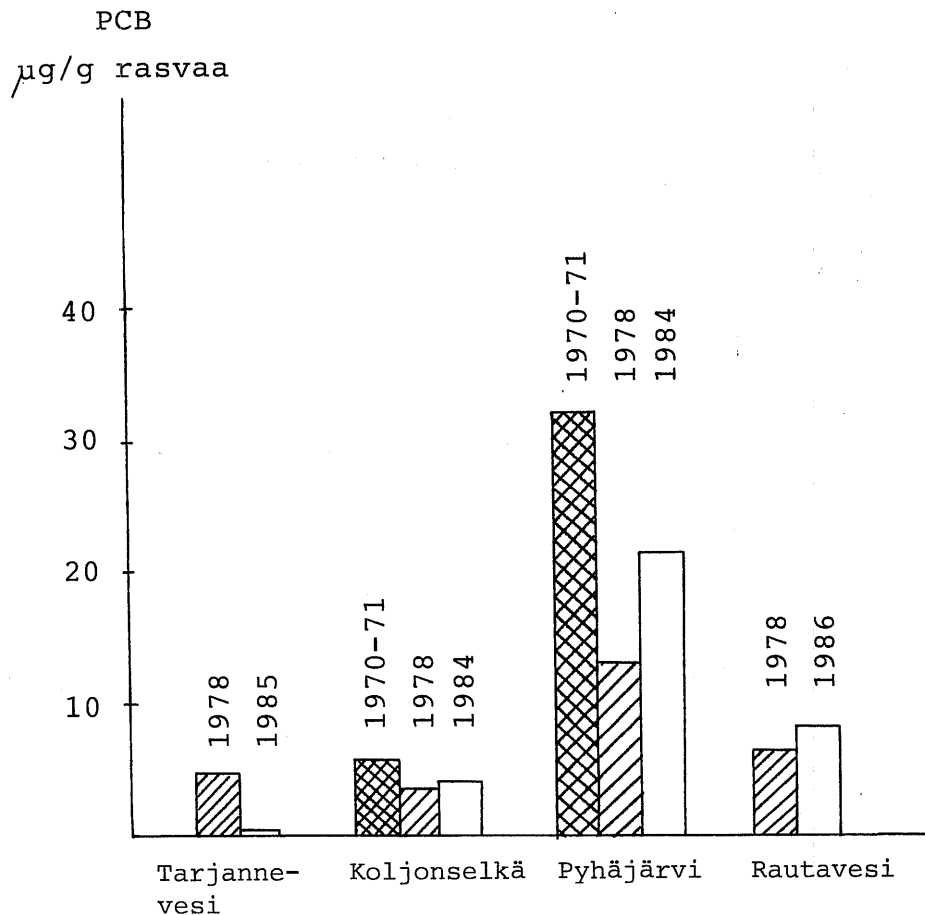
PCB:n teollinen tuotanto alkoi vuonna 1929. Suomessa näitä aineita on käytetty muuntajissa lämmöneristeenä, kondensaatoreissa sähköneristeenä, lisäaineena maalissa, lakoissa, liimoissa ja polysulfidimassoissa (Rautapää 1972). Ruotsissa, USA:ssa ja Japanissa PCB:n käyttö on nykyään kielletty. Suomessa PCB:n käyttö on rajoitettu kohteisiin, joista se ei pääse leviämään ympäristöön. Kokemäenjoen vesistöalueella PCB-aineita on käytetty Oy Nokia Ab:n kaapelitehtaalla Tampereella (Karppanen ja Henriksson 1971). Kun PCB-vaara tiedotettiin, yhtiö pyrki vähentämään päästöjä vesistöön siirtymällä suljettuun prosessiin vuonna 1971. Tervakoski Oy käytti vielä vuonna 1984 PCB:tä sisältävää Pyralene 3010-valmistetta

koelaboratoriossaan koekondensaattoreiden impregnointiaineenä. Helsingin vesipiiri arvioi tuolloin vesistöön joutuneen 1 l PCB:ä vuodessa. Tässä tutkimuksessa ei jätevesinäytteistä tavattu PCB:ä. Päästöjen mahdollisuus on silti olemassa, koska kaikkia PCB:ä sisältäviä laitteita ei ole poistettu käytöstä. Suorien päästöjen lisäksi PCB voi kulkeutua ilman pölyhiukkausten mukana (Södergren 1973).

PCB-aineet ovat niukkaliukoisia veteen, mutta ne voivat absorboitua hiukkasten pinnoille ja kulkeutua hiukkaslaskeuman mukana veteen ja edelleen sedimenttiin (Tabak ym. 1981). Jätevedenpuhdistamoilla PCB konsentroituu niinikään lietteeseen (Hultman 1976). Tässä tutkimuksessa ei sedimentistä kuitenkaan löydetty PCB:ä analysoitavia määriä, mutta esim. Paasivirta ym. (1983b) ovat mitanneet Vätänjärvestä Keski-Suomesta 311 - 390 ng/g kuivaa ainetta kohden ja Päijänteestä 76 - 436 ng/g. Itämeren sedimentistä on mitattu PCB:ä 6 - 1 400 ng/g 1970-luvulla (National Swedish Environment Protection Board 1976).

PCB-pitoisuuksia mitattiin Kokemäenjoen vesistöstä jo vuosina 1970-71 (Karppanen ja Henriksson 1971). Tampereen Pyhäjärven kaloissa pitoisuudet olivat huomattavan korkeita (kuva 13). Muualla Suomessa korkeimmat pitoisuudet ovat olleet samaa tasoa. Vuosina 1978-79 tehdyssä kartoituksessa hauen lihasta mitattiin enimmillään PCB:ä 30 µg/g rasvaa kohden ja 90 %:ssa näytteistä pitoisuus oli alle 9,0 µg/g (Miettinen ja Verta 1984). Likaantuneilla alueilla todettiin pitoisuuksien olevan korkeampia kuin puhtailla, joten kaukokulkeuman lisäksi paikallisilla päästöillä on merkitystä. Vätän hauissa pitoisuudet olivat 16, 14 ja 2,7 µg/g vuosina 1981, -82 ja -83 (Paasivirta ym. 1984).

Pyhäjärven PCB-pitoisuudet haussa laskivat yli puolella vuodesta 1970 vuoteen 1978, mutta sen jälkeen pitoisuus on taas noussut (kuva 13). Osasyynä saattaa olla menetelmälliset erot. Näsijärvessä ja Rautavedessä PCB-pitoisuus näyttää säilyneen ennallaan. PCB-aineiden hajoaminen on tunnetusti hidasta. PCB:n biologiseksi puoliintumisajaksi on arvioitu 10 - 50 vuotta (Rygg ja Bokn 1976). PCB-yhdisteiden pysyvyys lisääntyy kloorausasteen kasvaessa (Tabak ym. 1981).



Kuva 13. Hauen lihaksen PCB-pitoisuus Tarjannevedessä, Näsijärven Koljonselällä, Tampereen Pyhäjärvessä ja Rautavedessä. Vuosien 1970-71 pitoisuudet ovat Karppasen ja Henrikssonin (1971) mukaan ja vuoden 1978 Miettisen ja Vertan (1984) mukaan.

Korkeimmat PCB-pitoisuudet Kokemäenjoen vesistössä on mitattu Vanajan reitillä. Tervakoski Oy:n jätevesien kuormittamassa Kernaalanjärvessä hauen lihassa oli vuonna 1984 PCB:ä keskimäärin 112 μg/g rasvaa kohden laskettuna (Vesihallituksen kirje 11.2.1985 Dnro 1272/500 VH 1984). Vanajanselän PCB lienee peräisin samasta lähteestä.

5.5 DDT, DDD JA DDE

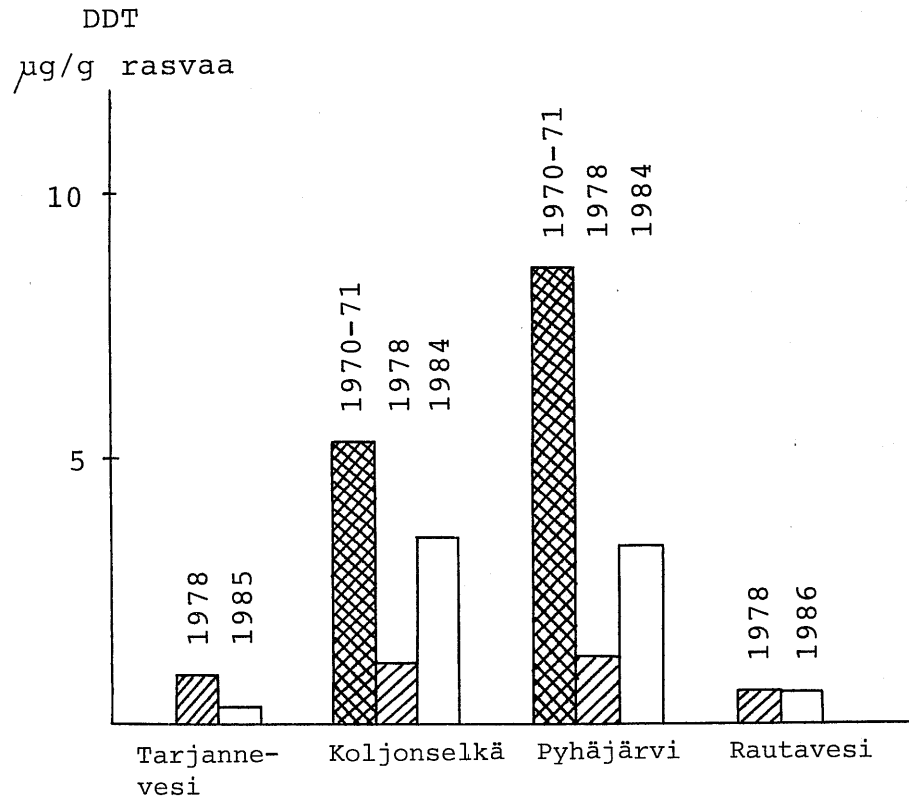
DDT:ä on käytetty hyönteismyrkkinä vuodesta 1942 alkaen. Suomessa sen käyttö kiellettiin 1970-luvun alussa. DDT kulkeutuu ilmakehän kautta hiukkasiin liittyneenä (Södergren 1973, Paa-

sivirta ym. 1983a). DDT:n hajoaminen on hidasta ja sen metaboliitit DDE sekä DDD ovat myös myrkyllisiä. DDT samoin kuin PCB konsentroituu jätevesilietteeseen puhdistamoilla (Richards & Shieh 1986).

DDD:ä ja DDT:ä löytyi Pyhäjärven sedimentistä yhteensä 6,0 ng/g kuiva-aineessa. Pitoisuus ei muihin tutkimuksiin verrattuna ole kovin korkea. Päijänteessä DDT ja sen metaboliitteja on ollut sedimentissä keskimäärin 14 ng/g ja korkeimmillaan 31 ng/g (Paasivirta ym. 1983). Vatian sedimentissä pitoisuus on vaihdellut 0 - 6,1 ng/g välillä. Jätevesien kuormittamassa Erie-järvessä, USA:ssa sedimentin kokonais-DDT -pitoisuus on ollut keskimäärin 20 ng/g likaantuneimmassa länsiosassa ja keskellä 15 ng/g sekä itäosassa 11 ng/g (Oliver ja Bourbonniere 1985).

DDT:ä ja sen metaboliittien yhteismäärä haukien lihassa vaihteli välillä 0 - 33 ng/g tuorepainosta ja 0 - 5,2 µg/g rasvasta. Mateen lihassa korkeimmat pitoisuudet olivat 43 ng/g tuorepainosta ja 6,7 µg/g rasvasta. Pitoisuudet ovat samaa tasoa kuin muualla Suomessa (Miettinen ja Verta 1984, Paasivirta ym. 1983b).

Kokonais-DDT -pitoisuuden kehittymistä voidaan seurata Pyhäjärvestä ja Näsijärvessä 1970-luvun alusta lähtien (kuva 14). Pitoisuudet ovat nyt alempia kuin 20 vuotta sitten, mutta vuonna 1978 saatiin huomattavasti pienempiä arvoja. Sama oli nähtävissä myös PCB-tuloksissa (kuva 13). Tarjanneveden haukien DDT-pitoisuus on laskenut ja Rautaveden pysynyt ennallaan. DDT-pitoisuus on vaihdellut vuodenajan mukaan (Paasivirta ym. 1983a). Korkeimmat pitoisuudet esiintyivät keväällä lumen sulamisen aikaan. Vuonna 1978 näytteet kerättiin kuitenkin juuri keväällä, jolloin DDT:ä olisi pitänyt olla eniten (Miettinen ja Verta 1984). Vuodenaikaisvaihtelun katsotaan olevan seurausta siitä, että ilmakehän kautta tulee merkittävä osa DDT-kuormasta.



Kuva 14. Hauen lihaksen DDT-pitoisuus Tarjannevedessä, Näsijärven Koljonselällä, Tampereen Pyhäjärvessä, ja Rautavedessä. Vuosien 1970-71 pitoisuudet ovat Karppasen ja Henrikssonin (1971) mukaan ja vuoden 1978 Miettisen ja Vertan (1985) mukaan.

5.6 MUUT KLOORIHIILIVEDYT

Lindaania on käytetty hyönteismyrkkinä maataloudessa ja puunsuojauksessa. Se leviää ilmakehän kautta, joten sitä tavataan yleisesti vesistöistä (Paasivirta ym. 1983a, Heinonen ym. 1985). Saastuminen on kuitenkin lievää. Lindaania löytyi tässä tutkimuksessa yleisesti jätevesistä. Kalan lihassa pitoisuudet olivat pieniä. Mateen maksanäytteissä sitä oli säännöllisesti kaikkialla. Pitoisuudet vaihtelivat välillä 9 - 44 ng/g tuorepainosta.

Klordaaneja ei ole käytetty Suomessa, mutta ne leviävät ilmakehän hiukkaslaskeuman mukana. Trans-nonaklooria Paasivirta ym. (1983a) pitää uhkaavana ympäristömyrkkynä. Nyt tutkituis-

sa kalojen lihanäytteissä sitä oli yhtä paljon kuin muitakin klordaaneja. Mateen maksassa oli eniten alfaklordaania, jonka pitoisuus vaihteli välillä 0 - 410 ng/g tuorepainosta. Trans-nonaklooria oli enimmillään 45 ng/g. Vuonna 1978 mitattiin kaloista klordaaneja yhteensä 10 - 30 ng/g tuorepainosta (Miettinen ja Verta 1984). Kokemäenjoen vesistössä haukien yhteenlaskettu klordaanipitoisuus oli nyt välillä 0 - 15 ng/g lihassa ja mateiden välillä 0 - 40 ng/g.

Heksaklooribentseeni on kasvitautien torjunta-aine. Se leviää myös ilman kautta. Heksaklooribentseenin epäillään rikastuvan ravintoketjussa (Rygg ja Bokn 1976, Paasivirta ym. 1983b). Pitoisuudet olivat samansuuruisia Kokemäenjoen vesistön kaloissa kuin Päijänteessä ja Vätänjärvessä (Paasivirta ym. 1983a).

5.7 KLOORIFENOLIT

Kloorifenoleita syntyy kloorivalkaisun ja klooridesinfioinnin yhteydessä. Tetrakloorifenolia, pentakloorifenolia ja 2,4,6-trikloorifenolia käytetään lisäksi puunsuoja-aineissa (Paasivirta ym. 1983a, 1986a). Kloorifenolit onkin jaettu alkuperän mukaan siten, että puunkyllästysaineet ovat yhtenä (S1PCP) ja puhtaat valkaisuajamät toisena (S2PCP) ryhmänä (Paasivirta ym. 1983a, 1986a, 1986b). Valkaisuajamiin on otettu mukaan yleensä triklooriguajakolit, tetraklooriguajakoli ja triklooridimetoksifenoli ja toisinaan lisäksi 3,4,5-trikloorikatekoli ja tetrakloorikatekoli.

Nyt tutkituissa asumajätevesissä tavattiin lähes yksinomaan S1PCP-ryhmän yhdisteitä. Kaatopaikoilta löytyi kumpaankin ryhmään kuuluvia aineita. Kaikista teollisuusjätevesistä löytyi S1PCP-aineita. S2PCP-aineet puuttuivat nahkatehtaan, vaneritehtaan ja puunkuorimoiden jätevesistä, Oy Suomen Triko Ab:n ja kemian teollisuuden jätevesissä oli edustettuna kumpikin ryhmä. Petäsen ja Oikarin (1987) mukaan kloorifenolien pitoisuus jätevesissä vaihtelee paljon, joten nyt toteutettu kertanäytteenotto ei anna varmaa kuvaa päästöjen todellisista määristä.

Kloorifenolit leviävät myös ilman kautta ympäristöön (Paasivirta ym. 1983a, 1984, 1985c). Jätteenpottolaitosten läheltä on löydetty tetra- ja pentakloorifenolia sekä Etelä-Suomen liikennepaikkojen läheltä 2,4,6-trikloorifenolia. Lumen sulamisen aikaan on järvissä havaittu korkeita pitoisuuksia.

Sedimenttiin kertyvänä pidetään erityisesti tetra- ja pentakloorifenolia (Paasivirta 1983a). Kumpaakin yhdistettä löytyi pieniä määriä lähes kaikista sedimenteistä. Niitä oli eniten Viialan alapuolella Kortteselällä. Mahdollisia kuormittajia ovat olleet Viialan entinen saha ja Oy Wilh. Schauman Ab:n Viialan tehtaas, missä valmistetaan vaneria. Tehdas ei ollut jätevesinäytteenoton piirissä, mutta jatkossa asiaa on syytä selvittää. Kuormitettujen alueiden sedimenteistä löytyi lisäksi valkaisujääminä pidettyjä yhdisteitä. Yllättävän paljon valkaisujäämiin kuuluvaa 4,5,6-triklooriguajakolia oli myös Mallasvedessä. Kuormittajasta ei ole tietoa.

Mikrobit kykenevät hajottamaan kloorifenoleita (Renberg 1981, Tabak ym. 1981). Kloorifenolien hapetus tuottaa benzokinoneita ja metylointi melko pysyviä kloorianisoleja. Kloorausaste vaikuttaa jonkin verran yhdisteiden pysyvyyteen. Aktiivilieteprosessissa kloorifenoleja poistui keskimäärin 30 %, mutta esim. tetraklooriguajakolimäärät pysyivät ennallaan (Junna ym. 1982). Myös valo-oksidaatiota esiintyy. Kloorifenolit ovat osoittautuneet tarpeeksi pysyviksi bioakkumuloituakseen, mutta niiden poisto kaloista puhtaassa vedessä onnistuu noin viikossa (Landner 1979).

Kloorifenolien jonkin asteista rikastumista ravintoketjussa on havaittu. Tulokset vaihtelevat eri tutkimuksissa. Paasivirran ym. (1983a) mukaan 4,5,6-triklooriguajakoli ja tetraklooriguajakoli rikastuvat ravintoketjuissa, tetrakloorifenoli kerääntyy jossakin määrin eliöihin ja pentakloorifenoli heikosti. Näiden yhdisteiden ja lisäksi 3,4,5-triklooriguajakolin, 2,4,6-trikloorifenolin sekä dimetoksifenolin on havaittu kertyvän voimakkaasti simpukoihin (Paasivirta ym. 1986a). Simpukoihin ei kerro kloorikatekoleja, joita on kuitenkin löydetty kaloista. Paasivirran ym. (1984) mukaan kaloihin rikastuvia ovat triklooriguajakolit, 3,4,5-trikloori-

katekoli, 3,4-dikloorikatekoli ja dimetoksifenoli. Richards ja Shieh (1986) pitää pentakloorifenolia pysyvänä ja akkumuloituvana yhdisteenä.

Ravintoketjussa rikastuviksi epäillyistä yhdisteistä 3,4,5-trikloori-2,6-dimetoksifenolia ja 3,4,5-triklooriguajakolia oli kalanäytteissä vähän. Tetraklooriguajakolia oli kaloissa yleisesti, mutta suurin pitoisuus oli vain 18 ng/g tuorepaimonasta. 4,5,6-triklooriguajakolia oli vain muutamassa kalanäytteessä kohtalaisen korkeina pitoisuuksina. Anianselän mateiden maksasta löytyi 94 ng/g ja Koljonselän haukien lihasta 71 ng/g. 3,4,5-trikloorikatekolia tavattiin runsaasti vain Kärjenniemenselän hauista. Muutoin pitoisuudet olivat pieniä. Penta- ja tetrakloorifenolia oli lähes kaikissa näytteissä paikoin korkeitakin pitoisuuksia. Pentakloorifenolia oli eniten Lielahden mateiden maksassa, 160 ng/g. Mateen lihanäytteissä sitä oli eniten Mallasvedessä, 63 ng/g ja haussa Kärjenniemenselällä, 44 ng/g. Tetrakloorifenolin maksimipitoisuus hauen lihassa oli 140 ng/g Pyhäjärvessä, mateen lihassa 70 ng/g Ruovesiselällä ja maksassa 65 ng/g Korteselällä. 2,4,6-trikloorifenolia tavattiin näytteistä yleisesti. Sitä oli eniten Lielahdesta pyydettyjen mateiden maksassa (84 ng/g). Myös 2,4-dikloorifenolia, 4,5-diklooriguajakolia ja tetrakloorikatekolia löytyi kaloista yhtä korkeina pitoisuuksina, vaikkei niitä pidetä juurikaan ravintoketjuun rikastuvina yhdisteinä.

Korhonen ja Oikari (1987) ovat simpukoitten aineenvaihduntaa tutkiessaan päätyneet toteamaan, ettei kloorifenolien akkumuloituminen ole kovin voimakkaasti riippuvainen näiden yhdisteiden pitoisuudesta vedessä. Simpukoihin absorboituu kloorifenoliyhdisteitä pienistäkin pitoisuuksista ja altistettuna ne saavuttavat muutamassa päivässä tasapainotilan, jolloin kloorifenoleita akkumuloituu ja erittyy saman verran. Ehkä kalojenkin aineenvaihdunnassa on samoja piirteitä, sillä kloorifenolien yhteenlasketussa pitoisuudessa ei suuria eroja ollut likaantuneitten tai lievästi likaantuneitten alueiden välillä. Vertailualueista myös Mallasveden ja Kyrösjärven pitoisuudet olivat samaa tasoa. Valkaisuvesijäämiin (S2PCP) kuuluvia yhdisteitä oli eniten likaantuneeksi luokitellulla Kärjenniemen-

selällä. Lievästi likaantuneilla alueilla, Näsijärvessä ja Anianselällä niitä oli myös muita havaintopaikkoja runsaammin.

Rautaveden kalat oli pyydetty vasta Oy Nokia Ab:n sellutehtaan lopettamisen jälkeen. Kaloissa oli kloorifenoleita hyvin vähän, vain 0 - 4 ng/g tuorepainosta. Kuloveden kaloissa, jotka oli pyydetty tehtaan vielä toimiessa, oli kloorifenoleita 27 ng/g hauissa, 48 ng/g mateiden lihassa ja 110 ng/g maksassa. Rautavesi on tosin etäänpästä kuormittajasta kuin Kulovesi, joten siellä kalojen pitoisuudet ovat saattaneet olla alempia kuin Kulovedessä. Viipymä vesistössä on kuitenkin lyhyt. Teoreettinen viipymä on vain 25 vuorokautta. Jätevesivaikutukset ovat ulottuneet myös Rautavedelle. Rautaveden ja Kuloveden analyysitulokset vesistön nopeasta puhdistumisesta. Äänekosken reitillä Keski-Suomessa voitiin myös sellutehtaan pysähdyttyä seurata vesistön puhdistumista (Paasivirta ym. 1986b). Kloorifenolit vähenivät vesistössä, tosin hieman hitaammin kuin ligniini ja kloroformi. Carlbergin ym. (1987) havaintojen mukaan orgaanisten klooriyhdisteiden väheneminen on hidasta. Kuormituksen päätyttyä ei 16 kuukauden havaittu mainittavaa muutosta. Vasta 3,5 vuoden kuluttua tilanne oli normaali. Syynä pidettiin klooriyhdisteiden vapautumista sedimentistä niin kauan kunnes klooriyhdisteet olivat peittyneet muulla aineksella.

Kloorifenoleilla on havaittu olevan yhteyttä kalojen makuvirheisiin (Paasivirta ym. 1983c, 1986b). Kalojen huono maku korreloi kloorifenoliyhdisteiden summan sekä anisoli- ja veratrolipitoisuuden kanssa. Anisoleja syntyy kloorifenolien metylointituotteina. Ne ovat hyvin voimakkaan hajuisia yhdisteitä. Hauen hajun voimakkuus on korreloinut myös kloorifenoleista 2,4,6-trikloorifenolin ja tetrakloorifenolin pitoisuuden kanssa sekä heksaklooribentseenin pitoisuuden kanssa.

Nyt analysoiduissa kalanäytteissä heksaklooribentseenin pitoisuus oli niin pieni, että sillä tuskin on merkitystä makuvirheiden aiheuttajana. Kloorifenolisumma oli suurin Pyhäjärven hauissa ja lähes samaa tasoa olivat Kärjenniemenselän hauet (310 ja 300 ng/g). Mateissa kloorifenoleita oli vähem-

män kuin hauissa. Eniten niitä löytyi Ruovesiselän, Näsiselän ja Mallasveden mateista (250, 230 ja 220 ng/g). Sekä Pyhäjärvässä että Kärjenniemenselällä esiintyy runsaasti makuvirheitä kaloissa (Mankki 1981a, 1981b, Perälä 1987). Pyhäjärvestä on lisäksi todettu, että makuvirheet ovat voimakkaita hauissa ja lieviä mateissa.

2,4,6-trikloorifenolin ja tetrakloorifenolin yhteenlaskettu pitoisuus oli haukien osalta korkein myös Pyhäjärvässä ja seuraavaksi Kärjenniemenselällä sekä Ruovesiselällä (164, 120 ja 105 ng/g). Mateissa niitä oli eniten Ruovesiselällä, sitten Korteselällä ja Mallasvedessä (113, 88 ja 75 ng/g). Makuvirheitä esiintyy runsaasti myös muualla kuin Pyhäjärvässä ja Kärjenniemenselällä, esim. Lielahdessa ja Kulovedessä (Mankki 1984, 1985). Mäntän alapuolella Paloselällä ja Ruovesiselällä voimakkaita sivumakuja oli 19 ja 14 % kaloista, kun 34 ja 36 % oli virheettömiä (Nyrönen ym. 1978). Lielahdesta ei saatu pyydettyä haukia, joissa ehkä mateita enemmän olisi löytynyt kloorifenoleita.

Kalojen makuun vaikuttavat myös muut jätevesien ainesosat. Sulfaattitehtaiden jätevesissä on voimakkaan hajuisia ja makuksia rikkiyhdisteitä, jotka tosin hapellisissa oloissa muuttuvat haitattomampaan muotoon sulfaateiksi (Langi 1976). Voimakkaasti kuormitetuissa vesissä rikkiyhdisteet säilyvät pelkistyneinä yleensä hapettomassa alusvedessä ja vain voimakkaiden turbulenttisten virtausten mukana joutuvat kalojen elinalueille. Sulfiittiseläntehtaiden jätevesien rikkiyhdisteet voivat myös pelkistymisen kautta aiheuttaa makuvirheitä. Jätevesien puhdistaminen on laboratorio-oloissa vähentänyt kalojen makuvirheitä (Junna ym. 1982).

5.8 MUSTIEN HAUKIEN MYRKKYJÄÄMISTÄ

Valkeakosken alapuolisesta vesistöstä on 1980-luvulla tavattu mustia, sokeutuneita haukia. Vesihallitus teetti 11 hauesta kloorihiilivetyanalyysit Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksessa. Tulokset on saatu vesihallituksesta (Veijo Miettinen). Ainoastaan PCB-yhdisteitä löy-

dettiin joistakin kaloista huomattavia määriä (taulukko 8). Eri yksilöiden väliset erot olivat suuria. Vastaavia pitoisuuksia on kuitenkin löydetty terveistä kaloistakin tässä tutkimuksessa.

Taulukko 8. Mustien haukien rasvapitoisuus ja kloorihiilivetypitoisuus selkälihassa (n = 11) sekä maksassa (n = 9).

	Liha			Maksa		
	\bar{x}	S	min-max	\bar{x}	S	min-max
Rasvaa % tuorep.	0,49	0,11	0,23-0,66	10,4	9,2	3,4-32,6
2,3,5-trikloori-p-symeeni ng/g tuorep.	3,0	6,0	0-19	0		
Heksaklooribentseeni ng/g tuorep.	0			1,0	2,0	0-6
Lindaani "	3,2	3,2	0-7	2,4	5,1	0-14
Klordaanit "	12	14	0-45	100	110	0-297
DDT, DDD ja DDE "	18	23	0-72	51	55	0-187
PCB "	170	130	27-460	2200	3000	210-10000

Kloorihiilivetypitoisuuksilla ei näyttäisi olevan yhteyttä kalojen sokeutumiseen. Vesistössä voi olla muitakin vaikuttavia aineita kuin nyt analysoidut. Haukien mustumisen ja sokeutumisen syynä Järvi (1984) pitää ympäristön aiheuttamaa stressiä, joka joko suoraan tai välillisesti vaikuttaa haukien tummien värisolujen määrään ja/tai tumman väriaineen määrään ja liikkumiseen ihon värisoluissa. Kyseessä ei ole periytyvä ilmiö tai mutaatio. Kalojen sisäelimissä ja silmissä tavatut bakteerit ovat normaalisti vedessä esiintyviä lajeja. Ne voivat olla osasyynä muutoksiin tai seurausta kalojen vastustuskyvyn alenemisesta ympäristön aiheuttaman stressin vuoksi.

5.9 SEDIMENTTI- JA KALATUTKIMUKSET YMPÄRISTÖMYRKKYJÄMIEN SEURANNASSA

Eri yhteyksissä on vesiviranomaisia velvoitettu seuraamaan ympäristömyrkkujen pitoisuuksia vesistöissä (Suomen Akatemia 1983, Sisula 1985). Tarkkailun kohteena tulisi olla alumiini

sekä raskasmetalleista elohopea, kadmium, sinkki, lyijy, kromi ja nikkeli sekä orgaanisista yhdisteistä PCB, DDT, DDA, DDD ja DDE ja voimavarojen mukaan myös kloorifenolit, klooriligniinit ja eräät torjunta-aineet. Seurannan kohteiksi on sisävesillä esitetty ensisijaisesti särkeä, ahventa ja haukea sekä toissijaisesti muikkua, järvisimpukoita ja sedimenttiä. Kokemäenjoen vesistöstä seurannan piiriin on otettu kymmenkunta järveä, joista ainoastaan Tampereen Pyhäjärvi edustaa likaantuneita alueita ja Rautavesi lievästi likaantuneita alueita. Nyt toteutettu kartoitus likaantuneilla alueilla oli tarpeen täydentämään valtakunnallisen seurannan antamia tuloksia.

Vaikeasti hajoavat myrkylliset orgaaniset yhdisteet eri teollisuuden aloilla on vain muutamassa tapauksessa otettu velvoitetarkkailun piiriin (Vesihallitus 1983). Ongelmana on ennen kaikkea kemikaalien ja haitallisten aineiden suuri lukumäärä ja vaikeus osoittaa, mitä aineita koostumukseltaan hyvin monimutkaisista jätevesistä tulisi valvoa. Sopivia analyysimenetelmiäkään ei välttämättä ole. Vaikeuksia lisää tieto siitä, että ainakin kloorifenolipäästöjen on havaittu vaihtelevan suuresti yhden ja saman tehtaan jätevedessä (Petänen ja Oikari 1987).

Sedimentti- ja kalatutkimuksissa ehkä vältetään kuormitusvaihteluiden aiheuttama ongelma ja toisaalta saadaan kuva päästöjen leviämisestä ympäristöön ja merkityksestä eliölle. Sedimentti on osoittautunut raskasmetallipäästöjä kartoitettaessa hyväksi tutkimuskohteeksi. Elohopeaa lukuun ottamatta näyttää siltä, että muiden raskasmetallien tutkiminen kaloista ei kannata, ei ainakaan lihanäytteistä. Sedimenttitutkimuksen kohteiksi tulee valita virtausten vaikutukselta sivussa olevia sedimentaatiopohjia. Näytteet kerätäänkin yleensä syvänealueilta. Kuormitettujen vesistönosien hapettomat pohjat ovat parhaita alueita, sillä niissä eläimet eivät ole sekoittaneet kerrostumia, jolloin kuormitushistoriaakin voidaan selvittää.

Sedimentti ei näyttänyt nyt saatujen tulosten valossa soveltuvan kovin hyvin orgaanisten klooriyhdisteiden kartoittami-

seen vesistöistä. Biologinen materiaali soveltunee parhaiten tutkimuskohteeksi. Suuret yksilölliset erot vaikeuttavat kuitenkin tulosten vertailtavuutta (esim. Paasivirta ym. 1984). Luotettavuuden ja edustavuuden lisäämiseksi joudutaan kasvattamaan näytemääriä, jolloin kustannukset kasvavat. Tässä tutkimuksessa kustannuksia vähennettiin analysoimalla pelkästään yksi kokoomanäyte havaintopaikalta, jolloin ei voitu ajallisia eikä alueellisia eroja osoittaa tilastollisesti. Myös käytettäessä simpukoita tutkimusmateriaalina, on havaittu suuria yksilöllisiä eroja (Paasivirta ym. 1986a). Hajonnan pienentämiseksi ja kustannusten karsimiseksi on päädytty yhdistämään 24 - 30 simpukkaa 3 yksilön ryhmiin siten, että analyysien määräksi tulee 8 - 10. Näinkin yhdistettynä kustannukset ovat huomattavan suuret.

Kalojen tutkimista voidaan kuitenkin perustella sillä, että ne ovat taloudellisesti merkittäviä. Tulokset ovat suoraan käytettävissä arvioitaessa jätevesien aiheuttamia vahinkoja.

6 T I I V I S T E L M Ä

Tässä tutkimuksessa kartoitettiin haitallisten raskasmetallien ja orgaanisten klooriyhdisteiden esiintymistä Kokemäenjoen vesistössä. Tarkastelun kohteena olivat suurimmat kuormittajat. päävesistön varrella ja niiden jätevesien vaikutusalueen sedimentti sekä kaloista hauki ja made.

Sedimenttinäytteitä kerättiin 13 likaantuneeksi luokitellusta ja 5 lähes luonnontilaisena pidetystä järvestä niiden keskeisiltä syvännealueilta. Haukia ja mateita pyydettiin 3 - 5 kpl 19 alueelta, jotka muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta olivat samoja kuin sedimenttitutkimuksessa. Jätevesien raskasmetallit määritettiin vesi- ja ympäristöhallituksen tutkimuslaboratoriossa ja muiden näytteiden raskasmetallit VTT:n elintarvikelaboratoriossa. Orgaaniset klooriyhdisteet määritettiin Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksessa.

Jätevesinäytteiden perusteella ei löytynyt mitään mainitta-

vaa elohopeapäästöä vesistöön. Sedimentin elohopeapitoisuus oli kaikissa näytteissä jossain määrin kohonnut. Näsiselälä ja Valkeakosken alapuolella tavattiin suurimmat pitoisuudet. Kaloissa elohopeaa oli eniten Näsijärven reitillä ja vähiten Vanajan reitillä. Vanhoihin tuloksiin verrattuna on elohopean määrä laskenut kaikissa niissä järvissä, joihin 1960-luvulla sitä joutui jätevesien mukana. Puhtaana pidetyn Tarjanneveden kaloissa elohopeapitoisuus on viime vuosina noussut huolestuttavasti. Tarjanneveden ja myös Kuoreveden tilannetta tulisi selvittää tarkemmin.

Muita raskasmetalleja tavattiin jätevesistä varsin vähän. Kemira Oy Säterin tehtaat on ollut merkittävä kuormittaja sinkin ja kadmiumin osalta, mutta päästöt ovat nykyään melko pieniä. Kromia löytyi lähinnä selluteollisuuden ja nahkatehtaan jätevesistä. Lyijyn ja kuparin osalta ei löytynyt merkittävää yksittäistä kuormittajaa. Kadmium-, kromi- ja sinkkipitoisuus oli kaikissa tutkituissa sedimenteissä luonnontasoa korkeampi. Kadmium- ja sinkkikuormituksen väheneminen Valkeakoskella näkyy selvästi sedimentin pitoisuuksien pienenemisenä alapuolisessa vesistössä. Kromikuormituksen jäljet näkyvät Näsijärvessä, Pyhäjärvessä ja Viialan alapuolisessa vesistössä. Kupari- ja lyijypitoisuus oli kohonnut suurimpien taajamien lähivesillä.

Kloroformia tavattiin lähes kaikista jätevesinäytteistä, joten sitä esiintyy yleisesti kuormitettujen alueiden vedessä. Sitä tavattiin myös näiden alueiden sedimenteistä, vaikka sen ei pitäisi kertyä kestäviksi jäämiksi sedimenttiin.

PCB-yhdisteitä ei löytynyt jätevesistä, mutta sitä tiedetään joutuneen Tampereen Pyhäjärveen Oy Nokia Ab:n kaapelitehtaalta ainakin vielä vuonna 1971 ja Vanajan reitin yläosaan, Kernaalanjärveen vielä vuonna 1984. PCB:ä ei löytynyt sedimentistä. Sen sijaan kaloissa oli paikoin huomattavan korkeita pitoisuuksia. Pyhäjärvessä PCB-pitoisuus on nyt pienempi kuin vuonna 1970.

DDT ja sen metaboliitteja ei ollut jätevesissä ja sedimentinäytteissäkin vain Tampereen Pyhäjärvessä. Kaloissa pitoi-

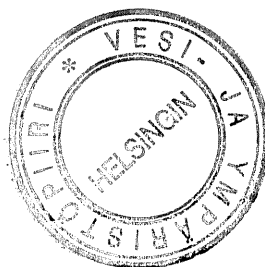
suudet olivat samalla tasolla kuin Suomessa yleensä. Pitoisuudet ovat vähentyneet siitä, mitä vuonna 1970 mitattiin.

Lindaania tavattiin yleisesti asumajätevesistä, mutta pitoisuudet vesistöissä olivat pieniä. Muita kloorihiilivetyjä oli vähän niin jätevesissä kuin sedimentissä. Klordaaneja ja heksaklooribentseeniä esiintyi kaloissa yleisesti.

Kun kloorifenolit jaettiin toisaalta puunkyllästysaineina käytettyihin (S1PCP) ja toisaalta valkaisujäämiin (S2PCP), voitiin havaita, että asumajätevesistä sekä nahkatehtaan, vaneritehtaan ja puunkuorimoiden jätevesissä oli vain S1PCP-ryhmään kuuluvia aineita. Muun teollisuuden jätevesissä oli kumpaankin ryhmään kuuluvia kloorifenoleita. Kaikkia jätevesistä tavattuja kloorifenoleita ei löytynyt sedimentistä ja päinvastoin. Tetra- ja pentakloorifenoleita, joita erityisesti pidetään sedimenttiin kertyvinä, tavattiin pieniä määriä lähes kaikista näytteistä. Valkaisuvesijäämiin (S2PCP) kuuluvia yhdisteitä oli eniten Näsijärven ja Anianselän sedimentissä. Kalojen kloorifenolipitoisuudessa ei ollut suuria eroja likaantuneitten tai lievästi likaantuneitten alueiden välillä. Rautaveden kaloissa kloorifenoleita oli hyvin vähän, mikä kertoo vesistön nopeasta puhdistumisesta kuormituksen päätyttyä.

Pyhäjärven ja Kärjenniemensleän haukien makuvirheet voivat ainakin osaksi olla kloorifenolien aiheuttamia.

Kloorihiilivedyistä ainoastaan PCB-yhdisteitä löytyi huomattavia määriä ns. mustista hauista. Yksilölliset erot olivat suuria. Toisaalta samaa tasoa olevia määriä löydettiin terveistäkin kaloista, joten PCB:llä ei näyttäisi oelvan suoranaista yhteyttä kalojen sokeutumiseen ja tummumiseen.



Päätösmaininnat

Haluan kiittää Tampereen vesi- ja ympäristöpiirin henkilökuntaa, joka on myötävaikuttanut työni edistymiseen. Eri-tyisesti haluan kiittää Juhani Vasamaa avusta näytteiden keräilyssä ja käsittelyssä sekä Anne Syrjää työni puhtaaksi-
kirjoituksesta.

Näytteiden analysointiin saatiin rahat Tampereen vesi- ja ympäristöpiirin vesiensuojelumaksuvaroista.

KIRJALLISUUS

- Anttila, J. 1987. Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n, Kemira Oy:n, Valkeakosken kaupungin ja Viialan Nahkatehdas Oy:n jätevesien vesistöön johtamista koskeva katselmuskirja. 18.6.1987. Tampere.
- Carlberg, G., Kringstad, A., Martinsen, K. & Nashaug, O. 1987. Environmental impact of organochlorine compound discharged from the pulp and paper industry. *Paperi ja Puu* 4: 337 - 341.
- Eloranta, A. 1975. Kalojen iänmäärittäminen. Suomen Kalastusyhdistys nro 60. 68 s. Vammala.
- Eriksson, G., Hägerstedt, L.-E., Lundberg, B. & von Post, H. 1981. Sanering av en skogindustriell recipient - Örserums-viken, Westerviks pappersbruk. Institutet för vatten och luftvårdsforskning. Rapport B 632. 27 s. Tukholma.
- Forsberg, C. & Ryding, S.-O. 1980. Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish waste-receiving lakes. *Arch. Hydrobiol.* 89 (1/2): 189 - 207. Stuttgart.
- Förstner, V. 1976. Metal concentrations in freshwater sediments - natural background and cultural effects. Golterman, H.L. (toim.) Interactions between sediments and fresh water. Proceedings of an international symposium held at Amsterdam, the Netherlands, sept. 6-10.1976. 94 - 103. Haag.
- Heinonen, P., Paasivirta, J. & Herve, S. 1985. Perifytonin ja simpukoiden (*Anodonta piscinalis*) käyttö vesistöjen kloorifenolien seurannassa. Vesihallituksen monistesarja nro 376. 28 s. Helsinki.
- Hultman, B. 1976. Reningseffekter för svår nedbrytbara organiska giftämnen i kommunala reningsverk. Organiska Miljögifter i vatten. Nordforsk. Miljövårdssektariatet. Publ. 1976: 2: 63 - 89. Helsinki.
- Häkkilä, K. 1980. Pohjasedimenttien ja pohjaeläinten raskasmetalleista Porin edustan merialueella. English summary: Heavy metals in sediments and bottom fauna in the sea area off Pori on the west coast of Finland. Vesihallituksen tiedotus 190. 39 s. Helsinki.
- Häkkilä, K. 1984. Pohjasedimentin ja jokisimpukan raskasmetallipitoisuudet Kokemäenjoessa. Vesihallituksen monistesarja nro 303. 33 s. Helsinki.
- Häkkilä, K. 1985. Pohjasedimentin ja simpukoiden raskasmetallipitoisuuksista Selkämeren eteläosan rannikolla. Vesihallituksen monistesarja nro 380. 38 s. + 2 liitel. Helsinki.
- Isoaho, S. 1987. Lausunto Valkeakosken seudun jätevesikuormituksen muodostumisesta ja päästöistä sekä ehdotus jäteve-

- sien tulevista puhdistusvelvoitteista 20.10.1987. Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n, Kemira Oy:n, Valkeakosken kaupungin ja Viialan Nahka Oy:n jätevesien vesistöön johtamista koskevan katselmuskirjan liite. Liitekansio I, liite 1. 172 s. Tampere.
- Isotalo, I. 1979. Concentrations and loads of some metals and fluorine in the River Kokemäenjoki in 1975 and 1977. Tiivistelmä: Metallien ja fluorin pitoisuuksista ja määrästä Kokemäenjoessa vuosina 1975-77. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 30: 3 - 20. Vesihallitus. Helsinki.
- Jensen, S. & Jernelöv, A. 1972. Behaviour of Mercury in the Environment. IAEA Technical Reports. Series nro 137: 43 - 47.
- Junna, J., Lammi, R. & Miettinen, V. 1982. Removal of organic and toxic substances from debarking and kraft pulp bleaching effluents by activated sludge treatment. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 49: 17 - 29. Helsinki.
- Järvi, J. 1984. Lausunto katselmustoimitukseen, joka koskee Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n ym. hakemusta luvan saamiseksi jäteveden johtamiseen vesistöön. 5.10.1984. 9 s. (Moniste)
- Kansanen, P.H. & Jaakkola, T. 1985. Assessment of pollution history from recent sediments in Lake Vanajavesi, southern Finland. I. Selection of representative profiles, their dating and chemostratigraphy. Ann. Zool. Fennici 22: 13 - 55.
- Karppanen, E. & Henriksson, K. 1971. DDT ja PCB kaloissa. Suomen Eläinlääkärilehti 12: 429 - 436.
- Kettunen, R. 1978. Elohopeatutkimus vesistössä Mäntän tehtaiden vaikutusalueella 1977. G.A. Serlachius Oy Mäntän paperitehtaat. Tutkimusseloste 95/18. 8 s. + 10 liitel. Mänttä.
- Korhonen, M. & Oikari, A. 1987. Järvisimpukka (*Anodonta piscinalis*) kloorifenolien ilmentäjänä Etelä-Saimaalla. English summary: Use of lake mussel (*Anodonta piscinalis*) as an indicator of water contamination by chlorinated phenolics in Lake Saimaa. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja 7. 86 s. Helsinki.
- Krogerus, K. 1985. Lausunto Lielahden tehtaan jätevesien vaikutuksesta vesistön tilaan ja kalatalouteen. G.A. Serlachius Oy:n jätevesien johtamisesta aiheutuvia vahinkoja, haittoja ja edunmenetyksiä koskevan katselmuskirjan liite 2. 63 s. + 11 liitel. Tampere.
- Landner, L. 1979. Methods and strategies in evaluating ecological effects of pulp mill discharges. Svensk pappers-tidning 15 (82): 444 - 446.
- Langi, A. 1976. Jätevesien vaikutus kalojen makuun. Ympäristö ja Terveys 7 (3): 325 - 328.

- Lodenius, M. 1980. Aquatic plants and littoral sediments as indicators of mercury pollution in some areas in Finland. *Ann. Bot. Fennici* 17: 336 - 340.
- Loikkanen, S. 1985. Näkökohtia ympäristölle vaarallisista aineista ja niiden luokittelusta. *Ympäristö ja Terveys* 16 (6): 388 - 392.
- Mankki, J. 1981a. Pyhäjärven kalataloudellinen tarkkailu 1980. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen julkaisu 129. 10 s. + 9 liitel. Tampere.
- Mankki, J. 1981b. Vanajanselän ja sen alapuolisen reittiosuuden kalataloudellinen yhteistarkkailu 1981. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen julkaisu 153. 64 s. + 21 liitel. Tampere.
- Mankki, J. 1984. Näsijärven kalataloudellinen tarkkailu v. 1983. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen julkaisu 159. 28 s. + 13 liitel. Tampere.
- Mankki, J. 1985. Kulo- ja Rautaveden kalataloudellinen tarkkailu vuosina 1983 ja 1984. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen julkaisu 164. 26 s. + 15 liitel. Tampere.
- Menonen, J. 1984. Kuitupitoisen lietteen levinneisyys Näsi-järvessä, Lielahti, Tampere. IPT Oy. 5 s. + liitel. Tampere. (Moniste)
- Miettinen, V. & Verta, M. 1984. Kloorattujen hiilivetyjen ja raskasmetallien pitoisuuksista kaloissa v. 1978-1979. Alustava raportti. Vesihallituksen monistesarja nro 227. 49 s. Helsinki.
- National Swedish Environment Protection Board 1976. PCB Research in Sweden. A survey prepared in 1974 for WHO. Sny pm 710. 54 s. Solna.
- Naturvårdsverket 1987. Tungmetaller - förekomst och omsättning i naturen. Monitor 1987. 182 s. Solna.
- Nikkilä, L. 1982. Kadmium saasteena ympäristössä ja ravinnossa. *Ympäristö ja Terveys* 13 (10): 732 - 738.
- Nuurtamo, M., Varo, P., Saari, E. & Koivistoinen, P. 1980. Mineral Element Composition of Finnish Foods. VI. Fish and Fish Products. *Acta Agriculturae Scandinavica*. Suppl. 22: 77 - 87.
- Nyrönen, J., Bagge, P., Hakkari, L., Selin, P. & Eloranta, A. 1978. Mäntän alapuolisen vesistöalueen kalataloudellinen tarkkailututkimus vv. 1977-78. Hydrobiologian tutkimuskeskuksen tiedonantoja 94. 60 s. + 20 liitel. Jyväskylä.
- Oliver, B.G. & Bourbonniere, R.A. 1985. Chlorinated contaminants in surficial sediments of lakes Huron, St. Clair, and Erie; implications regarding sources along the St. Clair and Detroit Rivers. *J. Great Lakes Res.* 11 (3): 366 - 372.

- Paasivirta, J. 1981. Ympäristökemikaalien analyyseista Jyväskylän yliopistossa. Kemia-Kemi nro 9: 529 - 535.
- Paasivirta, J. 1984a. Ympäristömyrkkytutkimuksen nykytilanne. Suomalainen tiedeakatemia. Vuosikirja 1982-83: 167 - 171.
- Paasivirta, J. 1984b. PHA-yhdisteet luonnonympäristössä. Kemia-Kemi nro 6: 452 - 457.
- Paasivirta, J., Heinonen, P., Herve, S., Paukku, R. & Knuutila, M. 1986a. Simpukoiden käyttö organoklooriyhdisteiden vesistöseurannassa (vuoden 1985 tulokset). Vesihallituksen monistesarja nro 437. 42 s. Helsinki.
- Paasivirta, J., Heinonen, P., Herve, S., Knuutila, M & Koistinen, M. 1987. Simpukat organoklooriyhdisteiden vesistöseurannassa (Kymijoen vesistöalueen tutkimukset kesällä 1986). Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 29. 39 s. Helsinki.
- Paasivirta, J., Humppi, T., Kuokkanen, T., Paukku, R., Surma-aho, K., Tarhanen, J., Vihonen, H., Särkkä, J. & Marttinen, M. 1983a. Orgaaniset klooriyhdisteet Keski-Suomen vesistöjen ravintoketjussa. Yhteenveto tutkimustuloksista 1981-82. Vesihallituksen monistesarja nro 206. 35 s. Jyväskylä.
- Paasivirta, J., Knuutinen, J., Klein, P., Knuutila, M., Maatela, P., Postinen, O., Paukku, R., Soikkeli, J., Virkki, L., Särkkä, J. & Herve, S. 1986b. Ligniinin ja orgaanisten klooriyhdisteiden leviämistutkimus. Vesihallituksen monistesarja nro 434. 60 s. Helsinki.
- Paasivirta, J., Knuutinen, J., Tarhanen, J., Heinola, K., Mäntykoski, K., Surma-aho, K. & Särkkä, J. 1984. Vätian ravintoketjututkimus 1983. Organoklooriyhdisteet Vätianjärven ekosysteemissä. Vesihallituksen monistesarja nro 250. 38 s. Helsinki.
- Paasivirta, J., Knuutinen, J., Tarhanen, J., Kuokkanen, T., Surma-aho, K., Paukku, R., Kääriäinen, H., Lahtiperä, M. & Veijanen, A. 1983c. Potential off-flavour compounds from chloro-bleaching of pulp and chlorodisinfection of water. Wat. Sci. Tech. 15: 97 - 104.
- Paasivirta, J., Mäntykoski, K. & Knuutila, M. 1985a. SÄILY I. Ympäristönäytteiden säilyvyys pakastettuina. Raportti vesihallitukselle 21.11.1985. s. 1 - 7.
- Paasivirta, J., Paukku, R., Knuutila, M. & Herve, S. 1985c. Kloorifenolit lumessa; tutkimus pohjoisnavan, Lapin ja Keski-Suomen näytteistä. Vesihallituksen monistesarja nro 377. 18 s. Jyväskylä.
- Paasivirta, J., Paukku, R., Mäntykoski, K. & Villa, L. 1985b. Haitalliset aineet Sköldvikin meriympäristössä. Yhteenveto 1984 tuloksista. Vesihallituksen monistesarja nro 353. 29 s.

- Paasivirta, J., Särkkä, J., Surma-aho, K., Humppi, T., Kuokkanen, T. & Marttinen, M. 1983b. Food chain enrichment of organochlorine compounds and mercury in clean and polluted lakes in Finland. *Chemosphere* 12 (2): 239 - 252.
- Pecher, K. & Herrmann, R. 1983. Behaviour of chloroform originating from pulp bleaching in an icecovered finish lake. *Universität Bayreuth*. 10 s. 5 liitel. (Käsikirjotus)
- Persson, P.-E. 1984. Uptake and release of environmentally occurring odorous compounds by fish. *Water Res.* 18 (10): 1263 - 1271.
- Perälä, H. 1987. Pyhäjärven kalataloudellinen tarkkailu 1986. Saaliskirjanpito vv. 1981-1986. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen julkaisu 190. 20 s. + 20 liitel. Tampere.
- Petänen, T. & Oikari, A. 1987. Enso-Gutzeit Oy:n Uimaharjun sulfaattiselluloosatehtaan akuutti myrkkynuormitus. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 43. 32 s. + 2 liitel. Helsinki.
- Rautapää, J. 1972. The Use of PCB Compounds in Finland. *Kemian Teollisuus* 8: 526 - 528.
- Renberg, L. 1981. Gas chromatographic determination of chlorophenols in environmental samples. *National Swedish Env. Protection Board. Report. SNV pm.* 1410.
- Richards, D. & Shieh, W. 1986. Biological fate of organic priority pollutants in the aquatic environment. *Wat. Res.* 20 (9): 1077 - 1090.
- Rygg, B. & Bokn, T. Klorerte hydrokarboner in vann sedimenter og organismer i Frierfjærdområdet. *Organiska miljøgifter i vatten. Nordforsk. Miljøvårds sekretariatet. Publ.* 1976: 2: 363 - 394.
- Sisula, H. 1985. Ehdotus ympäristön tilan seurantaohjelmaksi. Ympäristöministeriön ympäristön- ja luonnonsuojeluosaston julkaisu A: 39. s 151 - 164. Helsinki.
- Starck, B., Bethge, P.O., Gergov, M. & Talka, E. 1985. Determination of chlorinated phenols in pulp mill effluents. - An intercalibration study. *Paperi ja Puu - Papper och Trä* 12: 745 - 749.
- Suomen Akatemia 1983. Vesistömyrkkujen tutkimus. Seminaari. Suomen Akatemian julkaisuja 7/1982. 70 s. Helsinki.
- Särkkä, J. 1980. Elohopea Päijänteen ravintoketjussa. Verta, M. (toim.). Puunjalostusteollisuus myrkkynuormittajana Suomessa. Vesi- ja Kalatalousmiehet ry:n täydennyskoulutuspäivät Vammalassa 27.-28.11.1979. s. 57 - 64. Helsinki.
- Södergren, A. 1973. Transport, distribution and degradation of DDT and PCB in a south Swedish lake ecosystem. *Vatten* 2: 90 - 108.

- Tabak, H.H., Quave, S.A., Mashni, C.I. & Barth, E.F. 1981. Biodegradability studies with organic priority pollutant compounds. Journal WPCF. 53 (10): 1503 - 1518. Ontario.
- Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri 1986. Vesiemme hyväksi. Pirkanmaan ja Pohjois-Satakunnan vesien käytön, hoidon ja suojelun kehittämissuunnitelma. Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri. 85 s. Tampere.
- Therkelsen, O. 1977. Environmental mercury pollution and control. Vatten 33 (3): 299 - 317. Lund.
- Vernet, J.P., Rapin, F. & Scolari, G. 1976. Heavy metal content of lake and river sediments in Switzerland. Golterman, H.L. (toim.). Interactions between sediments and fresh water. Proceedings of an international symposium held at Amsterdam, the Netherlands. Sept. 6.-10.1976. 390 - 397. Haag.
- Verta, M. 1981. Vesistöjen tilan seuranta kalojen jäämäainepitoisuuksien perusteella: haukien elohopeapitoisuuksien seuranta likaantuneilla vesialueilla. Vesientutkimuslaitoksen projekti 204. Väliraportti. 8 s. Helsinki. (Moniste)
- Verta, M., Rekolainen, S., Mannio, J. & Surma-aho, K. 1986. The origin and level of mercury in Finnish forest lakes. Tiivistelmä: Elohopean alkuperä ja pitoisuustaso Suomen metsäjärvissä. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 65: 21 - 31. Helsinki.
- Vesihallitus 1978. Kokemäenjoen ja Karvianjoen vesistöjen vesien käytön kokonaissuunnitelma. I osa. Kokemäenjoen vesistö. Suunnittelualue, vesivarat. Vesihallituksen tiedotus 142. 187 s. Helsinki.
- Vesihallitus 1981. Vesihallinnon analyysimenetelmät. Vesihallituksen tiedotus 213. 136 s. Helsinki.
- Vesihallitus 1982. Vesiviranomaisten käyttämät vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. Vesihallituksen julkaisuja 40. 56 s. Helsinki.
- Vesihallitus 1983. Ympäristölle vaaralliset aineet. Vesien suojelun tavoiteohjelmaprojektin osaraportti nro 3. Vesihallituksen monistesarja nro 189. 125 s. Helsinki.
- Wirola, H. 1984. Tampereen kaupungin, G.A. Serlachius Oy:n (Takon tehdas), Oy Suomen Triko Ab:n (Pyynikin tehdas) ja Pirkkalan kunnan jätevesien johtamista vesistöön koskeva katselmuskirja. Tampere.
- Wirola, H. 1985. Oy Nokia Ab:n jätevesien johtamista Nokianvirtaan koskeva katselmuskirja 10.10.1985. Tampere.
- Wirola, H. 1986. G.A. Serlachius Oy:n jätevesien johtamisesta aiheutuvia vahinkoja, haittoja ja edunmenetyksiä koskeva katselmuskirja. Tampere.

Vuorinen, P.J., Paasivirta, J., Piilola, T., Surma-aho, K. & Tarhanen, J. 1985. Organochlorine compounds in Baltic salmon and trout. I. Chlorinated hydrocarbons and chlorophenols 1982. Chemosphere 14 (11/12): 1729 - 1740.

TEOLLISUUSLAITOSTEN JÄTEVESIKUORMITUS VUOSINA 1984 - 86

Laitos	Virtaama m ³ /d	BOD ₇ kg/d	Fosfori kg/d	Typpi kg/d	Kiintoaine kg/d	Rikki kg S/d	Natrium- lignosul- fonaatti kg/d	Huomautuksia
Näsijärven reitti								
GAS Oy, Mänttä								
1984-85	120000	26000	43	400	6100	6500	34000	} kloorialkali- valkaisu
1986	110000	16000	51	370	5000	6700	29000	
GAS Oy, Lielähti								
1984	52000	38000	24	250	1500	9300	48000	} kloorialkali- valkaisu peroksidivalkaisu
1985	39000	20000	15	180	1800	6800	27000	
1986	10000	1100	18	73	1300	..	..
GAS Oy, Tako								
1984-86	14400	2000	4,0	42	3000	..	..
Oy Suomen Trikkoo Ab								
1984-86	1200	81	1,7	16	36	..	..
Vanajan reitti								
YPT Oy, Tervasaari								
1984-86	100000	15000	37	240	4800	4300	..	peroksidivalkaisu
YPT Oy, Valke								
1984-86	1200	620	..	..	210	..	..
Kemira Oy, Säteri								
1984-86	30000	3800	0,7	120	570	..	..	sinkkiä
Viialan Nahkatehdas								
1984-86	580	52	0,4	83	57	..	..	kromia
Ikaalisten reitti								
Oy Kyro Ab, Tehdas								
1984-86	66000	1200	2,7	170	820	..	..
Oy Kyro Ab, Kuorimo								
1984-86	500	870	2,6	9,3	250	..	..
Kulo-Rautavesi								
Oy Nokia Ab Metsäteollisuus								
1984	120000	22000	32	360	9500	6500	35000	} kloorialkali- valkaisu peroksidivalkaisu
1985	88000	24000	17	350	9900	6800	25000	
1986	35000	1900	4,3	140	2400	..	..
Huonekalutehdas Jouko Mäkinen Oy								
Vammalan Vaneritehdas								
1984-85	200	5	0,2	1	11	..	..	fenolia
1986	..	..	..	..	..	..	..

ASUMAJÄTEVEDEN PUHDISTAMOIDEN VESISTÖKUORMITUS VUONNA 1986

Puhdistamo	Virtaama m ³ /d	BOD ₇ kg/d	Fosfori kg/d	Typpi kg/d
Näsijärven reitti				
Kuorevesi, Halli	900	13	0,6	22
Mänttä	5500	170	3,5	86
Vilppula	1200	14	0,5	22
Ruovesi, keskusta	410	7,6	0,4	17
Tampere, Viinikanlahti	62000	3900	30	1700
Tampere, Rahola	15000	780	9,7	530
Pirkkala, Loukonlahti	1100	38	1,9	16
Pirkkala, Kyösti	2400	100	2,9	52
Vanajan reitti				
Valkeakoski, keskusp.	11000	92	4,2	99
Toijala	5500	63	1,0	55
Viiala	3200	32	1,3	37
Lempäälä	3800	810	4,7	94
Ikaalisten reitti				
Ikaalinen	1700	24	1,1	54
Viljakkala	100	1,5	0,04	2,7
Hämeenkyrö	1600	17	1,4	48
Kulo- ja Rautavesi				
Nokia, Kullaanvuori	6400	320	11	200
Nokia, Siuro	1400	19	1,1	22
Vammala	4700	92	4,2	99

JÄTEVESINÄYTTEET TEOLLISUUSLAITOKSISTA.

Laitos	Näytteen laatu	Tunnus	Näytteen- ottoaika	Näytteen- ottotapa
Näsijärven reitti				
GAS Oy, Mänttä	padolta poistuva vesi	1	21.8.1985	CHCl ₃ kerta- vuorokauden kokoomana
GAS Oy, Lielähti	poistuva jätevesi	2	9.8.1984	- " -
GAS Oy, Tako	3 viemärin yhteisnäyte	3	9.8.1984 *	- " -
Oy Suomen Triko Ab	puhdistettu jätevesi	4	9.8.1984	- " -
Vanajan reitti				
YPT Oy, Tervasaari	kuiduton kanaali	5	7.8.1984 *	- " -
- " -	Sahalahti	6	7.8.1984 *	- " -
YPT Oy, Valke	viemäri	7	7.8.1984 *	- " -
YPT Oy, Tervasaari	Sahalahden vettä ja Säterin			
Kemira Oy, Säteri	puhdistamatonta jätevettä virtaa- mien suhteessa	8	7.8.1984	- " -
Kemira Oy, Säteri	puhdistamaton jätevesi	9	7.8.1984	- " -
- " -	puhdistettu jätevesi	10	7.8.1984 *	- " -
Viialan Nahkatehdas	puhdistettu jätevesi	11	8.8.1984	- " -
Ikaalisten reitti				
Oy Kyro Ab, Tehdas	puhdistettu jätevesi	12	24.10.1985	CHCl ₃ ja metallit kerta- näytteenä, muut vuoro- kauden kokoomana
- " -	kuorimolta vesistöön johdettu vesi	13	24.10.1985	
Kulo- ja Rautavesi				
Oy Nokia Ab, Metsäteollisuus	puhdistettu jätevesi	14	13.6.1985	CHCl ₃ kerta- vuorokauden kokoomana
- " -	sellutehtaan viemäri	15	13.6.1985	- " -
Huonekalutehdas Jouko Mäkinen Oy	vesistöön johdettu vesi	16	28.10.1985	kerta- näyte
Vammalan Vaneritehdas				

* Elchopeanäytteenotto uusittu vuonna 1986.

JÄTEVESINÄYTYKKEET ASUMAJÄTEVEDEN PUHDISTAMOILTA

Puhdistamo	Näytteen laatu	Tunnus	Näytteen- ottoaika	Näytteen- ottotapa
Näsijärven reitti				
Kuorevesi, Halli	puhdistettu jätevesi	17	21.8 ja 29.10.1985	kertanäyte
Mänttä	- " -	18	21.8.1985	CHCl ₃ kertanäyte, muut vuorokauden kokoomana
Vilppula, Asemanseutu	- " -	19	21.8 ja 29.10.1985	- " -
Ruovesi, keskusta	- " -	20	21.8 ja 29.10.1985	- " -
Tampere, Viinikanlahti	- " -	21	9.8.1984	- " -
Tampere, Rahola	- " -	22	9.8.1984	- " -
Pirkkala, Loukonlahti	- " -	23	9.8.1984 *	- " -
Pirkkala, Kyösti	- " -	24	9.8.1984 *	- " -
Vanajan reitti				
Valkeakoski, Keskuspuhdistamo	- " -	25	7.8.1984 *	- " -
Toijala	- " -	26	8.8.1984 *	- " -
Viiiala	- " -	27	8.8.1984 *	- " -
Lempäälä	- " -	28	8.8 ja 10.8.1984 *	- " -
Ikaalisten reitti				
Ikaalinen	- " -	29	22.8 ja 24.10.1985	- " -
Viljakkala	- " -	30	22.8 ja 24.10.1985	- " -
Hämeenkyrö	- " -	31	22.8 ja 24.10.1985	- " -
Kulo- ja Rautavesi				
Nokia, Kullaanvuori	- " -	32	22.10 ja 28.10.1985	- " -
Nokia, Siuro	- " -	33	27.8 ja 28.10.1985	- " -
Vammala	- " -	34	27.8 ja 28.10.1985	- " -

* Elohopeanäytteenotto uusittu vuonna 1986.

JÄTEVESINÄYTTEET KAATOPAIKOILTA

Kaatopaikka	Näytteen laatu	Tunnus	Näytteen- ottoaika	Näytteen- ottotapa
Vanajan reitti YPT Oy, Kalatonlahti		35	7.8, 10.8 ja 15.8.1984*	kertanäyte
Kulo- ja Rautavesi Nokian kaupunki, Koukkujärvi	sadetusvesialtaasta	36	22.10 ja 28.10.1985	kertanäyte

* Elohopeanäytteenotto uusittu vuonna 1986.

RASKAMETALLIPITOISUDET TEOLLISUUDEN JÄTEVESISSÄ

Näyte	Elohopea µg/l	Kadmium µg/l	Kokonais- kromi µg/l	Kupari µg/l	Lyijy µg/l	Sinkki µg/l
Näsijärven reitti						
1	0,05	0,15	85	50	< 1	48
2	< 0,1	0,10	200	< 1	< 1	105
3	0,02	0,16	15	< 1	< 1	80
4	< 0,1	< 0,1	2	< 1	< 1	13
Vanajan reitti						
5	0,11	< 0,1	5	19	5	70
6	0,05	0,42	4	< 1	1	95
7	< 0,1	< 0,1	< 1	2	< 1	10
8	..	..	..	..	..	..
9	1,4	0,22	60	< 1	10	70000
10	0,12	< 0,1 - 0,68	2	< 1	< 1	1700 - 3800
11	< 0,1	< 0,1	320 - 600	< 1	< 1	16
Ikaalisten reitti						
12	0,01	0,23	4	30	< 1	27
13	0,06	0,19	8	113	19	288
Kulo- ja Rautavesi						
14	< 0,1	0,3	14	47	1	50
15	< 0,1	4,0	600	26	1	45
16	0,01	< 0,1	4	90	< 1	130

RASKAMETALLIPITOISUDET ASUMAJÄTEVEDEN PUHDISTAMOILTA JA
KAATOPAIKOILTA POISTUVASSA VEDESSÄ

Näyte	Elohopea µg/l	Kadmium µg/l	Kokonais- kromi µg/l	Kupari µg/l	Iyijy µg/l	Sinkki µg/l
Näsijärven reitti						
17	0,03	0,14	< 1	9	< 1	37
18	< 0,01	< 0,1	< 1	3	< 1	29
19	< 0,01	0,12	3	< 1	< 1	86
20	0,01	0,15	< 1	17	< 1	82
21	< 0,1	< 0,1	9	< 1	< 1	75
22	< 0,1	< 0,1	1	2	< 1	28
23	< 0,01	0,27	< 1	< 1	< 1	70
24	0,02	< 0,1	< 1	< 1	< 1	520
Vanajan reitti						
25	0,02	< 0,1	< 1	< 1	< 1	10
26	< 0,01	0,10	< 1	< 1	< 1	115
27	< 0,01	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
28	0,01	< 0,1	< 1	< 1	< 1	50
----- 35	0,06	< 0,1	12	3	< 1	80
Ikaalisten reitti						
29	0,03	< 0,1	< 1	14	< 1	115
30	< 0,01	< 0,1	< 1	26	< 1	85
31	< 0,01	< 0,1	< 1	19	< 1	60
Kulo- ja Rautavesi						
32	0,02	< 0,1	< 1	6	< 1	56
33	0,01	0,10	< 1	9	< 1	50
34	0,02	< 0,1	< 1	23	< 1	105
----- 36	< 0,01	< 0,1	4	6	< 1	5

KLOORIFORMI JA KLOORIHIILIVEDYT TEOLLISUUDEN JÄTEVESISSÄ.

Näyte	Kloroformi ng/l	PCB ng/l	Heksa-kloori- bentseeni ng/l	Lindaani ng/l	Alfa- kloridaani ng/l	DDT ng/l	DDE ng/l	DDD ng/l
Näsijärven reitti								
1	5800	0	0	0	0	0	0	0
2	43000	0	..	..	..	..	..	..
3	2300	0	..	..	..	..	..	..
4	5500	0	..	..	..	..	..	..
Vanajan reitti								
5	1100	0	..	..	..	..	..	..
6	1100	0	..	..	..	..	..	..
7	1800	0	..	..	..	..	..	..
8	340000	0	..	..	..	..	..	..
9	400000	0	..	..	..	..	..	..
10	290000	0	..	..	..	..	..	..
11	1200	0	..	..	..	..	..	..
Ikaalisten reitti								
12	0	0	0	15	0	0	0	0
13	0	0	90	150	0	0	0	0
Kulo- ja Rautavesi								
14	1000	0	..	..	..	..	..	..
15	7900	0	..	..	..	..	..	..
16	170	0	0	0	0	0	0	0

0 ei havaittu

.. tieto puuttuu

KLOROFORMI JA KLOORIHIILIVEDYT ASUMAJÄTEVESISSÄ JA
KAATOPAIKOILTA POISTUVASSA VEDESSÄ

LIITE 4/4

86

Näyte	Kloroformi, ng/l	PCB ng/l	Heksakloori- bentseeni ng/l	Lindaani ng/l	Alfa- klordaani ng/l	DDT ng/l	DDE ng/l	DDD ng/l
Näsijärven reitti								
17	10	0	0	35	0	0	0	0
18	1300	0	0	30	0	0	0	0
19	0	0	0	40	0	0	0	0
20	60	0	1	30	0	0	0	0
21	560	0	..	..	..	..	..	..
22	960	0	..	..	..	..	..	..
23	470	0	..	..	..	..	..	..
24	410	0	..	..	..	..	..	..
Vanajan reitti								
25	4600	0	..	..	..	..	..	..
26	4800	0	..	..	..	..	..	..
27	520	0	..	..	..	..	..	..
28	2200	0	..	..	..	..	..	..

35	510	0	..	..	..	..	..	..
Ikaalisten reitti								
29	0	0	0	80	0	0	0	0
30	0	0	0	35	0	0	0	0
31	0	0	0	35	0	0	0	0
Kulo- ja Rautavesi								
32	490	0	0	40	0	0	0	0
33	320	0	0	0	0	0	0	0
34	50	0	1	50	0	0	0	0

36	10	0	3	15	0	0	0	0

0 ei havaittu

.. tieto puuttuu

KLOORIFENOLIT TEOLLISUUDEN JÄTEVESISSÄ

Näyte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ng/l														
Näsijärven reitti														
1 GAS Oy, Mänttä	0	2200	3200	0	0	420	0	0	0	100	0	1100	0	0
2 GAS Oy, Lielähti	0	0	2100	0	0	1300	0	2100	1200	600	490	110	0	0
3 GAS Oy, Tako	910	680	0	0	0	0	0	120	0	17	0	0	0	0
4 Oy Suomen Triko Ab	0	0	430	0	0	55	0	38	0	54	130	0	0	0
Vanajan reitti														
5 YPT Oy, Tervasaari	0	1700	310	0	0	2300	7500	13500	0	450	0	390	1900	0
6 - " -	0	0	0	0	0	540	0	190	0	290	0	0	0	0
7 YPT Oy, Valke	0	0	10600	0	0	50700	55700	9500	0	2400	2300	2600	990	1400
8 YPT Oy + Kemira Oy	0	0	2800	0	0	5600	0	3400	0	240	0	0	560	0
9 Kemira Oy, Säteri	0	0	3400	0	0	15300	0	5200	0	810	0	1300	3900	0
10 - " -	0	0	110	0	730	220	0	120	0	40	0	140	770	0
11 Viialan Nahkatehdas	0	0	87	0	0	940	0	0	0	2300	0	0	0	0
Ikaalisten reitti														
12 Oy Kyro Ab, Tehdas	0	0	80	0	0	140	0	0	0	410	0	10	0	0
13 - " -	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Kulo- ja Rautavesi														
14 Oy Nokia Ab, Metsäteollisuus	0	0	0	0	0	30	0	0	0	20	0	0	0	0
15 - " -	0	15600	38200	0	21500	7100	8500	1200	7100	100	40700	300	0	0
16 Huonekalutehdas Jouko Mäkinen Oy	0	0	+	0	0	60	0	0	0	30	0	0	0	0

1.	2,6-dikloorifenoli	8.	3,4,5-triklooriguajakoli	0	ei havaittu
2.	2,4-dikloorifenoli	9.	4,5,6-triklooriguajakoli	+	pitoisuus on alle puolet
3.	2,4,6-trikloorifenoli	10.	Pentakloorifenoli	..	määritysrajasta
4.	2,4,5-trikloorifenoli	11.	3,4,5-trikloorikatekoli	..	tieto puuttuu
5.	4,5-diklooriguajakoli	12.	Tetraklooriguajakoli		
6.	Tetrakloorifenoli	13.	3,4,5-trikloori-2,6-dimetoksifenoli		
7.	3,4-dikloorikatekoli	14.	Tetrakloorikatekoli		

KLOORIFENOLIT ASUMAJÄTEVESISSÄ JA KAAKOPAIKOILTA
POISTUVASSA VEDESSÄ

Näyte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ng/l														
Näsijärven reitti														
17 Kuorevesi	0	0	+	0	0	80	0	0	0	60	0	0	0	0
18 Mänttä	0	440	120	0	0	100	0	0	0	20	0	20	0	0
19 Vilppula	0	90	130	0	0	220	0	0	0	180	0	10	0	0
20 Ruovesi	0	0	0	0	0	50	0	0	0	40	0	0	0	0
21 Tampere	0	0	67	0	0	0	0	26	0	35	0	0	0	0
22 - " -	0	0	89	0	0	300	0	0	0	540	0	0	0	0
23 Pirkkala	0	0	80	0	0	270	0	0	0	320	0	0	0	0
24 - " -	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0
Vanajan reitti														
25 Valkeakoski	0	0	170	0	0	250	0	56	0	480	0	0	0	0
26 Toijala	0	0	34	0	0	220	0	0	0	120	0	0	0	0
27 Viiala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0
28 Lempäälä	0	0	0	0	0	180	0	0	0	420	0	0	0	0
35 YPT Oy, kaatop.	0	0	790	0	0	540	0	810	0	270	250	250	0	0
Ikaalisten reitti														
29 Ikaalinen	0	100	90	0	0	150	0	0	0	160	0	40	0	0
30 Viljakkala	0	340	200	0	0	210	0	0	0	80	0	20	0	0
31 Hämeenkyrö	0	0	20	0	0	60	0	0	0	120	0	10	0	0
Kulo- ja Rautavesi														
32 Nokia	0	0	260	0	0	70	0	0	0	90	0	60	0	0
33 - " -	0	210	10	0	0	40	0	0	0	30	0	20	0	0
34 Vammala	0	0	220	0	0	150	0	0	0	30	0	0	0	0
36 Nokia, kaatop.	0	260	150	0	0	730	0	0	0	50	0	120	0	0

1. 2,6-dikloorifenoli	8.	3,4,5-triklooriguajakoli	0	ei havaittu
2. 2,4-dikloorifenoli	9.	4,5,6-triklooriguajakoli	+	pitoisuus on alle puolet
3. 2,4,6-trikloorifenoli	10.	Pentakloorifenoli	..	määritysrajasta
4. 2,4,5-trikloorifenoli	11.	3,4,5-trikloorikatekoli		tieto puuttuu
5. 4,5-diklooriguajakoli	12.	Tetraklooriguajakoli		
6. Tetrakloorifenoli	13.	3,4,5-trikloori-2,6-dimetoksisifenoli		
7. 3,4-dikloorikatekoli	14.	Tetrakloorikatekoli		

SEDIMENTIN RASKAMETALLIT.

Havainto- paikka	Kuivapaino % tuorepainosta	mg/kg kuiva-ainetta					Cu	Hg	Pb	Zn
		Cd	Cr							
Näsijärven reitti										
N42	0-2 cm	0,80	43	31	0,21	58	170			
N22	"	0,74	57	27	0,16	52	160			
N33	"	0,21	37	26	0,10	20	90			
N18	"	0,29	41	20	0,13	33	97			
N8	"	1,4	70	34	0,25	130	200			
N6	0-4 cm	1,3	230	81	0,94	170	200			
N4	0-2 cm	1,2	240	93	0,84	100	230			
K7	"	1,2	190	71	0,62	85	200			
K6	"	0,89	180	71	0,66	77	240			
Vanajan reitti										
V5	0-2 cm	0,84	66	40	0,10	45	160			
V42	"	1,8	93	91	0,54	68	2700			
V48	"	1,2	75	71	0,36	65	2300			
K19	"	0,80	240	52	0,13	39	850			
K9	"	0,64	160	47	0,15	44	690			
Ikaalisten reitti										
I4	0-2 cm	0,63	59	28	0,12	32	170			
I1	"	0,61	64	32	0,36	32	200			
Kulo- ja Rautavesi										
K4	0-2 cm	0,70	120	46	0,32	61	250			
K2	"	0,57	100	37	0,31	48	340			

Havainto- paikka	Kuivapaino % tuorepainosta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ng/g kuiva-ainetta														
Näsijärven reitti														
N42	0-2 cm	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	..
N22	"	5,3	..	0	0	0	0	0	0	0	0	0	..	..
N33	"	20,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
N18	"	24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	..
N8	"	6,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	..
N6	0-4 cm	6,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	..
N4	0-2 cm	10,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K7	"	7,5	0	0	0	26	0	0	0	44	16	0	0	12
K6	"	16,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	..
Vanajan reitti														
V5	0-2 cm	9,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	..
V42	"	10,9	9,7	0,5	1,0	0	0	0	0	0	2,1	0	0	0
V48	"	11,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K19	"	10,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	..
K9	"	13,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	..
Ikaalisten reitti														
I4	0-2 cm	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	..
I1	"	20,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	..
Kulo- ja Rautavesi														
K4	0-2 cm	17,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120
K2	"	19,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	..

1.	2,3,5-trikloori-p-symeeni	8.	DDE	0	ei havaittu
2.	Heksaklooribentseeni = HCB	9.	DDD	+	pitoisuus alle puolet määrittäysrajasta
3.	Lindaani	10.	DDT	..	tieto puuttuu
4.	Oksiklordaani	11.	Polyklooribifenyylit = PCB		
5.	Gammaklordaani	12.	Clophen 60A		
6.	Alfaklordaani	13.	Kloroformi		
7.	Trans-nonakloori				

SEDIMENTIN KLOORIFENOLIT, -KATEKOLIT JA -GUAJAKOLIT

Havainto- paikka	Kuivapaino % tuorepainosta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ng/g kuiva-ainetta															
Näsijärven reitti															
N42	0-2 cm	3,6	0	0	0	0	+	0	+	0	+	0	+	0	0
N22	"	5,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N33	"	20,5	0	0	0	7	1	0	18	3	+	31	4	0	15
N18	"	24,9	0	0	0	+	+	0	7	0	1	14	1	0	1
N8	"	6,4	0	0	0	2	+	0	4	+	+	0	1	0	1
N6	0-4 cm	6,2	0	0	0	3	+	0	3	0	+	2	+	0	+
N4	0-2 cm	10,0	0	0	0	0	2	0	3	0	+	3	0	0	0
K7	"	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	7,5	0	0	0	0
K6	"	16,3	0	0	0	0	3,3	0	40	0	3,1	0	0	0	0
Vanajan reitti															
V5	0-2 cm	9,9	0	0	0	0	0	0	0	52	5,5	0	0	0	0
V42	"	10,9	0	0	0	0	5,7	0	0	0	5,0	0	0	0	0
V48	"	11,3	0	0	0	0	6,2	0	0	27	5,4	0	0	0	0
K19	"	10,4	0	0	0	0	45	0	0	35	26	37	28	0	0
K9	"	13,3	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0	35	0	0
Ikaalisten reitti															
I4	0-2 cm	12,5	0	0	0	0	+	0	+	0	+	0	0	0	0
I1	"	20,9	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0
Kulo- ja Rautavesi															
K4	0-2 cm	17,7	0	0	0	3	+	0	1	0	0	5	0	0	0
K2	"	19,3	0	0	0	1	+	0	1	0	+	1	0	0	0

1.	2,6-dikloorifenoli	(26DCP)	8.	3,4,5-triklooriguajakoli	(345TCG)	0	ei havaittu
2.	2,4-dikloorifenoli	(24DCP)	9.	4,5,6-triklooriguajakoli	(456TCG)	+	pitoisuus alle
3.	2,4,6-trikloorifenoli	(246TCP)	10.	Pentakloorifenoli	(PeCP)		puolet määrä-
4.	2,4,5-trikloorifenoli	(245TCP)	11.	3,4,5-trikloorikatekoli	(345TCC)		työrajasta
5.	4,5-diklooriguajakoli	(45CDG)	12.	Tetraklooriguajakoli	(TeCG)		
6.	Tetrakloorifenoli	(TeCP)	13.	3,4,5-trikloori-2,6-dimetoksifenoli	(26DMP)	..	tieto puuttuu
7.	3,4-dikloorikatekoli	(34DCC)	14.	Tetrakloorikatekoli	(TeCC)		

KALANÄYTTEET

Näyte	Pyyntipaikka	Pyyntiaika	Kalalaji	Ikä	Pituus	Paino	Sukup.	Huomautuksia
1	Vanajanselkä	toukokuu -84	made		35,0 cm	500 g	-	Sukupuoli määrittämättä
2	- " -	- " -	- "-		37,0 cm	480 g	-	
3	- " -	- " -	- "-		43,0 cm	630 g	-	
4	- " -	- " -	- "-		41,0 cm	530 g	-	
5	- " -	- " -	- "-		35,0 cm	375 g	-	
6	Näsijärvi, Koljonselkä	14.5.84	made		48,5 cm	1050 g	♀	Maksoissa paljon loisrak- kuloita, levinneet myös suolistoon
7	- " -	12.5.84	- "-		45,0 cm	750 g	♂	
8	- " -	17.5.84	- "-		49,0 cm	925 g	♀	
9	- " -	toukokuu -84	- "-		48,5 cm	740 g	♀	
10	- " -	- " -	- "-		45,5 cm	610 g	♀	
11	Näsijärvi, Näsiselkä	5 - 11.5.84	made	13+	60,0 cm	1510 g	♀	Mätipusseissa rasvakasvaimia
12	- " -	- " -	- "-	6+	44,5 cm	620 g	♀	
13	- " -	- " -	- "-	8+	47,0 cm	815 g	♀	
14	- " -	- " -	- "-	7+	46,5 cm	740 g	♀	
15	- " -	- " -	- "-	6+	36,0 cm	405 g	♀	
16	Anianselkä, Pirkkala	14.5.84	made		42,0 cm	615 g	♀	sukukypsä?
17	- " -	12.5.84	- "-		43,5 cm	805 g	♂	
18	- " -	10.5.84	- "-		47,0 cm	900 g	♀	
19	- " -	14.5.84	- "-		45,0 cm	640 g	-	
21	Näsijärvi, Lielähti	11.5.84	made	5+	50,0 cm	965 g	♀ ?	ei varmuutta suku- puolesta
22	- " -	- " -	- "-	6+	46,0 cm	695 g	♀	
23	- " -	13.5.84	- "-	8+	50,5 cm	1190 g	♀	
24	- " -	22.5.84	- "-	6+	55,5 cm	1350 g	♀	
50	Vanajanselkä	29.4.84	hauki	5	46,5 cm	625 g	♂	
51	- " -	- " -	- "-	5	51,0 cm	925 g	♀	
52	- " -	- " -	- "-	6	46,5 cm	600 g	♂	
53	- " -	- " -	- "-	5	50,0 cm	910 g	♀	
54	- " -	- " -	- "-	6	56,5 cm	1200 g	♂	
55	Korteselkä, Lempäälä	10 - 14.5.84	hauki	5	51,5 cm	920 g	♂	
56	- " -	- " -	- "-	5	48,0 cm	680 g	♂	
57	- " -	- " -	- "-	6	51,0 cm	810 g	♂	
58	- " -	- " -	- "-	5	51,5 cm	790 g	♀	
59	- " -	- " -	- "-	5	51,0 cm	765 g	♀	
60	Näsijärvi, Koljonselkä	18.5.84	hauki	5	46,5 cm	555 g	♀	
61	- " -	15.5.84	- "-	5	50,0 cm	850 g	♀	
62	- " -	18.5.84	- "-	6	57,5 cm	1225 g	♂	
63	- " -	14.5.84	- "-	5	52,0 cm	1015 g	♀	
64	- " -	12.5.84	- "-	5	57,5 cm	1310 g	♀	
65	Kärjenniemenselkä	1.5.84	hauki	5	52,5 cm	910 g	♂	
66	- " -	30.4.84	- "-	6	54,5 cm	1140 g	♂	
67	- " -	1.5.84	- "-	7	50,5 cm	990 g	♂	
68	- " -	- " -	- "-	5	50,5 cm	945 g	♀	
69	- " -	- " -	- "-	5	49,5 cm	765 g	♂	

Näyte	Pyyntipaikka	Pyyntiaika	Kalalaji	Ikä	Pituus	Paino	Sukup.	Huomautuksia
70	Anianselkä, Pirkkala	17.5.84	hauki	4	48,0 cm	750 g	♀	
71	- " -	9.5.84	-"-	4	47,0 cm	720 g	♀	
72	- " -	22.5.84	-"-	4	47,5 cm	680 g	♀	
75	Näsijärvi, Näsiselkä	11.5.84	hauki	5	47,0 cm	760 g	♂	
76	- " -	- " -	-"-	5	49,0 cm	750 g	♂	
77	- " -	- " -	-"-	5	47,5 cm	750 g	♂	
78	- " -	- " -	-"-	4	47,5 cm	625 g	♀	
79	- " -	22.5.84	-"-	4	46,5 cm	780 g	♀	
81	Ruovesiselkä	10 - 14.5.85	hauki	4	47,5 cm	780 g	♀	
82	- " -	- " -	-"-	5	51,5 cm	870 g	♀	
83	- " -	- " -	-"-	5	53,0 cm	970 g	♂	
84	- " -	- " -	-"-	4	48,0 cm	750 g	♀	
85	- " -	- " -	-"-	5	55,0 cm	1220 g	♂	
86	Kyrösjärvi	15 - 30.4.85	hauki	6	51,0 cm	775 g	♂	
87	- " -	- " -	-"-	5	49,0 cm	735 g	♀	
88	- " -	- " -	-"-	7	55,5 cm	1285 g	♀	
89	- " -	- " -	-"-	6	49,0 cm	740 g	♂	
90	- " -	- " -	-"-	6	49,5 cm	730 g	♂	
91	Ruovesiselkä	10 - 14.5.85	made	9+	47,5 cm	950 g	♀	Maksassa rakkuloita
92	- " -	- " -	-"-	7+	50,0 cm	1070 g	♀	
93	- " -	- " -	-"-	7+	45,0 cm	670 g	♀	
94	- " -	- " -	-"-	5+	46,5 cm	880 g	♀	
95	- " -	- " -	-"-	7+	53,0 cm	1270 g	♀	
96	Kortteselkä	26.2.85	made	7	45,0 cm	670 g	♂	
97	- " -	25 - 30.3.85	-"-	8	45,0 cm	750 g	♂	
98	- " -	26.2.85	-"-	8+	47,0 cm	715 g	♀	
99	- " -	25 - 30.3.85	-"-	5+	45,5 cm	805 g	♀	
100	- " -	- " -	-"-	7	43,5 cm	720 g	♀	
101	Mallasvesi	19 - 22.3.85	made	5+	51,0 cm	1070 g	♀	
102	- " -	- " -	-"-	5+	51,0 cm	850 g	♂	
103	- " -	- " -	-"-	5+	44,5 cm	585 g	♀	Osa maksaa kuoleentunut
104	- " -	- " -	-"-	5+	40,5 cm	520 g	♀	
105	- " -	- " -	-"-	4+	48,0 cm	735 g	♀	
106	Kirkkojärvi	14.4.85	hauki	6	52,5 cm	970 g	♂	
107	- " -	6.4.85	-"-	5	54,5 cm	1035 g	♂	
108	- " -	8.4.85	-"-	6	53,5 cm	1090 g	♂	
109	- " -	10.4.85	-"-	6	55,5 cm	1090 g	♂	
110	- " -	12.4.85	-"-	6	51,0 cm	770 g	♂	
111	Mallasvesi	19 - 22.3.85	hauki	6	60,0 cm	1625 g	♀	
112	- " -	- " -	-"-	6	50,5 cm	895 g	♀	
113	- " -	- " -	-"-	5	50,0 cm	875 g	♀	
114	- " -	- " -	-"-	6	57,0 cm	1360 g	♀	
115	- " -	- " -	-"-	5	55,5 cm	1270 g	♀	
116	Kyrösjärvi	31.3.85	made	7	43,0 cm	645 g	♂	
117	- " -	- " -	-"-	7	44,0 cm	615 g	♂	
118	- " -	- " -	-"-	8	40,5 cm	480 g	♂	
119	- " -	- " -	-"-	8	45,5 cm	775 g	♂	
120	- " -	- " -	-"-	8	44,0 cm	605 g	♀	

Näyte	Pyyntipaikka	Pyyntiaika	Kalalaji	Ikä	Pituus	Paino	Sukup.	Huomautuksia
121	Pyhäjärvi	lokakuu -84	made	7	46,0 cm	680 g	♂	
122	- " -	- " -	-"-	10	46,0 cm	710 g	♂	
123	- " -	- " -	-"-	8	43,0 cm	535 g	♀	
126	Pyhäjärvi	heinäkuu -84	hauki	5	51,0 cm	1040 g	♂	
127	- " -	- " -	-"-	4	49,0 cm	830 g	♀	
128	- " -	- " -	-"-	4	48,5 cm	830 g	♀	
129	- " -	- " -	-"-	4	49,5 cm	760 g	♀	
131	Kulovesi	20.5.85	hauki	3	45,5 cm	560 g	♀	
132	- " -	- " -	-"-	5	49,5 cm	770 g	♂	
133	- " -	- " -	-"-	4	47,0 cm	665 g	♂	
134	- " -	- " -	-"-	4	51,0 cm	810 g	♀	
135	- " -	- " -	-"-	5	51,5 cm	830 g	♂	Kasvain kidus- kannessa
136	Paloselkä	19 - 20.5.85	hauki	5	51,0 cm	780 g	♂	
137	- " -	- " -	-"-	5	52,0 cm	920 g	♂	
138	- " -	- " -	-"-	5	48,5 cm	785 g	♂	
139	- " -	- " -	-"-	5	52,5 cm	1040 g	♀	
141	Tarjannevesi	5 - 7.6.85	hauki	5	52,5 cm	910 g	♀	
142	- " -	- " -	-"-	6	56,0 cm	1160 g	♀	
143	- " -	- " -	-"-	6	57,0 cm	1100 g	♀	Kalan pyrstö kulunut
144	- " -	- " -	-"-	5	52,0 cm	925 g	♀	
145	- " -	- " -	-"-	5	50,5 cm	770 g	♀	
146	Makkaraselkä	10.1.86	hauki	4+	48,5 cm	880 g	♀	Silmät ½ sameat
147	- " -	- " -	-"-	4+	49,5 cm	780 g	♂	Silmät 1/4 sameat
148	- " -	4.1.86	-"-	4+	47,5 cm	810 g	♂	Silmät sameat
149	- " -	22.12.85	-"-	5+	54,0 cm	960 g	♂	Silmät terveet
150	- " -	2.12.85	-"-	5+	55,0 cm	1190 g	♀	Silmät sameat
151	Makkaraselkä	25.12.85	made	5	48,0 cm	750 g	♂	
152	- " -	4.1.86	-"-	7	44,5 cm	760 g	♀	
153	- " -	22.12.85	-"-	7	45,5 cm	755 g	♀	
154	- " -	- " -	-"-	9	46,0 cm	755 g	♀	
156	Tarjannevesi	5 - 7.6.85	made	6+	43,5 cm	810 g	♀	
157	- " -	- " -	-"-	6+	43,5 cm	670 g	♀	
158	- " -	- " -	-"-	8+	45,0 cm	615 g	♀	
159	- " -	- " -	-"-	8+	46,5 cm	740 g	♀	
160	- " -	- " -	-"-	6+	42,0 cm	590 g	♀	Maksassa lois- rakkuloita
161	Kulovesi	16.5.85	made	6	42,0 cm	640 g	-	
162	- " -	- " -	-"-	4+	42,5 cm	560 g	♀	Sukutuotteet ruskeat, pilaantuneet
163	- " -	- " -	-"-	5+	45,0 cm	700 g	♀	
164	- " -	- " -	-"-	8+	48,5 cm	950 g	♀	
165	- " -	- " -	-"-	7+	46,5 cm	825 g	♀	
201	Rautavesi	14.2.86	hauki	4	52,5 cm	920 g	♀	
202	- " -	3.2.86	-"-	5	58,0 cm	1260 g	♀	
203	- " -	25.1.86	-"-	4	50,5 cm	1130 g	♀	
204	- " -	18.2.86	-"-	5	59,5 cm	1320 g	♀	Runsaasti kuolleita mätijyviä

Näyte	Pyyntipaikka	Pyyntiaika	Kalalaji	Ikä	Pituus	Paino	Sukup.	Huomautuksia
206	Rautavesi	29.1.86	made	5+	52,0 cm	810 g	♂	
207	- " -	- " -	- "-	7	46,5 cm	640 g	♂	
208	- " -	- " -	- "-	7	45,5 cm	670 g	♂	
209	- " -	1.2.86	- "-	9	55,0 cm	860 g	♀	
210	- " -	29.1.86	- "-	6	43,5 cm	600 g	♀	
211	Kirkkojärvi	16.4.85	made	7	49,0 cm	830 g	♀	
212	- " -	21.2.86	- "-	6	45,5 cm	700 g	♀	
213	- " -	1.2.86	- "-	7	52,0 cm	1070 g	♀	
214	- " -	21.2.86	- "-	4	46,0 cm	750 g	♀	
216	Rauttunselkä	tammi-helmik. 1987	hauki	3	48,0 cm	750 g	♂	
217	- " -	- " -	- "-	3+	47,0 cm	680 g	♂	
218	- " -	- " -	- "-	5	55,0 cm	1080 g	♀	
219	- " -	- " -	- "-	4	49,5 cm	760 g	♂	
220	- " -	- " -	- "-	5	48,5 cm	810 g	♀	
221	Rauttunselkä	tammi-helmik. 1987	made	6	44,0 cm	700 g	♀	} mätä ja maiti kehittymätöntä
222	- " -	- " -	- "-	5	41,0 cm	575 g		
223	- " -	- " -	- "-	8	48,5 cm	700 g		
224	- " -	- " -	- "-	4	45,0 cm	585 g		
225	- " -	- " -	- "-	11	54,0 cm	1095 g		
226	Kuorevesi	26.4.87	hauki	6	56,5 cm	1380 g	♀	
227	- " -	9.5.87	- "-	4	51,0 cm	1030 g	♀	
228	- " -	26.4.87	- "-	4	49,5 cm	825 g	♀	
229	- " -	9.5.87	- "-	4	49,0 cm	910 g	♀	
230	- " -	10.5.87	- "-	5	50,0 cm	855 g	♀	
231	Kuorevesi	10.5.87	made	9+	50,0 cm	900 g	♀	
232	- " -	- " -	- "-	7+	45,5 cm	730 g	♂	
233	- " -	- " -	- "-	7+	49,0 cm	960 g	♀	
234	- " -	9.5.87	- "-	6+	47,0 cm	900 g	♀	
235	- " -	10.5.87	- "-	6+	48,0 cm	950 g	♀	

HAUEN LIHAKSEN RASKASEMETALLIT

Pyyntialue	Rasvaa % tuorep.	Cd	mg/kg tuorepainosta Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
Näsijärven reitti							
Kuorevesi	0,43	< 0,004	0,03	0,3	0,83	< 0,02	3,2
Tarjannevesi	0,31	< 0,004	< 0,02	0,3	0,91	0,02	3,7
Paloselkä	0,33	< 0,004	0,02	0,3	0,31	0,02	3,4
Ruovesi	0,44	< 0,004	< 0,02	0,2	0,59	< 0,02	7,3
Koljonselkä	0,57	< 0,004	< 0,02	0,2	0,54	< 0,02	8,4
Näsiselkä	0,64	< 0,004	< 0,02	0,2	0,75	< 0,02	5,8
Lielähti	..	..	..	..	..	..	..
Pyhäjärvi, Rajasaari	0,74	< 0,004	< 0,02	0,1	0,68	< 0,02	7,1
Vanajan reitti							
Mallasvesi	0,53	< 0,004	< 0,02	0,2	0,18	< 0,02	13
Vanajanselkä	0,53	< 0,004	< 0,02	0,2	0,17	< 0,02	5,6
Kärjenniemenselkä	0,81	< 0,004	< 0,02	0,4	0,06	< 0,02	10
Rauttunselkä	0,56	< 0,004	0,03	0,4	0,07	< 0,02	5,7
Makkaraselkä	0,38	< 0,004	< 0,02	0,3	0,09	0,07	4,4
Korteselkä	0,50	< 0,004	< 0,02	0,2	0,06	< 0,02	8,9
Anianselkä	0,64	< 0,004	< 0,02	0,2	0,11	< 0,02	8,3
Ikaalisten reitti							
Kyrösjärvi	0,48	< 0,004	0,02	0,4	0,56	0,02	8,8
Kirkkojärvi	0,44	< 0,004	< 0,02	0,2	0,81	< 0,02	13
Kulovesi	0,25	< 0,004	< 0,02	0,2	0,39	0,03	3,8
Rautavesi	0,33	< 0,004	< 0,02	0,5	0,33	< 0,02	7,0

0 ei havaittu
.. tieto puuttuu

HAUEN LIHAKSEN KLOORIHILILIVEDYT

Pyyntialue	Rasvaa % tuorep.	1	ng/g tuorepainosta				2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Näsijärven reitti																		
Kuorevesi	0,43	..	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	6	..	1	
Tarjannevesi	0,31	..	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	..	..
Paloselkä	0,33	..	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	..	..
Ruovesi	0,44	..	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	..	..
Koljonselkä	0,57	0	0	8	6	0	0	8	20	0	0	24	0	0	24	0	..	
Näsiselkä	0,64	0	2	6	2	0	1	3	11	3	2	40	7	..	40	7	..	
Lielähti	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Pyhäjärvi, Rajasaari	0,74	..	1	5	0	0	3	0	15	9	1	160	..	..	..	..	..
Vanajan reitti																		
Mallasvesi	0,53	..	0	1	0	0	0	0	0	0	9	10	..	..	..	..	..
Vanajanselkä	0,53	9	7	6	3	0	1	0	8	0	0	48	21	..	48	21	..	
Kärjenniemenselkä	0,81	0	2	5	0	0	3	0	9	3	0	34	9	..	34	9	..	
Rauttunselkä	0,56	..	0	0	0	0	0	0	3	0	0	57	..	1	57	..	1	
Makkaraselkä	0,38	..	0	2	0	0	0	0	1	0	0	12	..	..	12	..	..
Korteselkä	0,50	0	2	8	9	0	3	3	13	0	0	67	22	..	67	22	..	
Anianselkä	0,64	0	5	7	2	0	3	0	8	25	0	23	0	..	23	0	..	
Ikaalisten reitti																		
Kyrösjärvi	0,48	..	0	3	0	0	0	0	1	0	1	11	..	..	11	..	..
Kirkkojärvi	0,44	..	0	4	0	0	0	0	0	0	0	36	..	..	36	..	..
Kulovesi	0,25	..	1	3	0	0	0	0	1	0	0	6	..	..	6	..	..
Rautavesi	0,33	..	0	1	0	0	0	0	2	0	0	27	..	1	27	..	1	

- | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|----|---------------|
| 1. 2,3,5-trikloori-p-symeeni | 8. DDE | 0 | ei havaittu |
| 2. Heksaklooribentseeni = HCB | 9. DDD | .. | tieto puuttuu |
| 3. Lindaani | 10. DDT | | |
| 4. Oksiklordaani | 11. Polyklooribifenyyliit = PCB | | |
| 5. Gammaklordaani | 12. Clophen 60A | | |
| 6. Alfaklordaani | 13. Heksaklooridykloheksaani | | |
| 7. Trans-nonakloori | | | |

MATEEN LIHAKSEN RASKASMETALLIT

Pyyntialue	Rasvaa % tuorep.	mg/kg tuorepainosta Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
Näsijärven reitti							
Kuorevesi	0,40	< 0,004	< 0,02	0,2	0,48	< 0,02	5,1
Tarjannevesi	0,35	0,005	< 0,02	0,2	0,70	0,03	6,0
Paloselkä	..	..	..	..	..	..	..
Ruovesi	0,81	< 0,004	< 0,02	0,5	0,67	0,05	5,1
Koljonselkä	0,59	< 0,004	< 0,02	0,3	0,95	< 0,02	5,2
Näsiselkä	0,65	< 0,004	< 0,02	0,2	0,61	< 0,02	3,7
Lielähti	0,92	< 0,004	< 0,02	0,2	0,43	< 0,02	4,0
Pyhäjärvi, Rajasaari	0,73	< 0,004	< 0,02	0,2	0,80	< 0,02	4,4
Vanaajan reitti							
Mallasvesi	0,97	< 0,004	< 0,02	0,3	0,10	0,02	4,8
Vanaanselkä	0,64	< 0,004	0,05	0,3	0,12	< 0,02	5,8
Kärjenniemen selkä	..	..	..	..	..	..	..
Rauttunselkä	0,67	< 0,004	< 0,02	0,3	0,05	< 0,02	6,0
Makkaraselkä	0,97	0,004	< 0,02	0,3	0,09	0,02	5,7
Korteselkä	0,48	< 0,004	< 0,02	0,4	0,03	0,02	6,2
Anianselkä	1,14	< 0,004	< 0,02	0,3	0,10	< 0,02	5,9
Ikaalisten reitti							
Kyrösjärvi	0,74	< 0,004	0,02	0,4	0,32	0,02	8,8
Kirkkojärvi	0,83	< 0,004	0,03	0,3	0,52	< 0,02	7,0
Kulovesi	0,86	< 0,004	< 0,02	0,2	0,39	0,02	4,8
Rautavesi	0,94	< 0,004	< 0,02	0,3	0,37	< 0,02	6,6

0 ei havaittu
.. tieto puuttuu

MATEEN LIHAKSEN KLOORIHILIVEDYT

Pyyntialue	Rasvaa g tuorep.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ng/g tuorepainosta														
Näsijärven reitti														
Kuorevesi	0,40	..	+	0	0	0	0	0	1	0	+	5	..	+
Tarjannevesi	0,35	..	1	2	0	0	0	0	1	0	0	1	..	..
Paloselkä	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Ruovesi	0,81	..	4	5	0	0	0	0	2	2	0	25	..	..
Kolijonselkä	0,59	0	0	8	5	0	2	3	16	0	0	46	8	..
Näsiselkä	0,65	0	1	6	0	0	0	11	13	0	0	39	10	..
Lielahdi	0,92	0	0	8	0	0	1	0	27	0	0	34	6	..
Pyhäjärvi, Rajasaari	0,73	..	1	8	0	0	3	0	14	3	2	180	..	..
Vanajan reitti														
Mallasvesi	0,97	..	1	4	0	0	3	0	4	0	1	27	..	..
Vanajanselkä	0,64	0	0	4	13	9	8	10	21	14	8	9	0	..
Kärjenniemenselkä	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Rauttonselkä	0,67	..	0	0	0	0	0	0	2	0	0	45	..	0
Makkaraselkä	0,97	..	0	4	0	0	0	0	2	1	1	21	..	..
Korteselkä	0,48	..	1	18	0	0	0	0	0	1	0	79	..	..
Anianselkä	1,14	0	0	6	2	0	1	0	5	0	0	29	0	..
Ikaalisten reitti														
Kyrösjärvi	0,74	..	3	18	0	0	0	0	15	0	0	26	..	..
Kirkkojärvi	0,83	..	1	2	0	0	0	0	2	0	0	38	..	1
Kulovesi	0,86	..	1	3	0	0	0	0	2	1	2	6	..	..
Rautavesi	0,94	..	1	2	0	0	0	0	6	2	0	90	..	1

1. 2,3,5-trikloori-p-symeeni	8. DDE	0	ei havaittu
2. Heksaklooribentseeni = HCB	9. DDD	+	pitoisuus on alle puolet määritys-
3. Lindaani	10. DDT	+	rajasta
4. Oksiklordaani	11. Polyklooribifenyyli = PCB	..	tieto puuttuu
5. Gammaklordaani	12. Clophen 60A	..	
6. Alfaklordaani	13. Heksakloorisykloheksaani	..	
7. Trans-nonakloori			

Pyyntialue	Rasvaa % tuorep.	1	2	ng/g tuorepainosta				5	6	7	8	9	10	11	12	13
				1	2	3	4									
Näsijärven reitti																
Kuorevesi	41,7	..	34	24	0	0	0	0	0	0	240	49	97	670	..	35
Tarjannevesi	39,9	..	19	17	0	0	0	0	0	0	110	26	100	160	..	..
Paloselkä	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Ruovesi	46,7	..	170	28	0	0	72	0	72	0	390	380	77	1900	..	..
Koljonselkä	31,9	0	16	24	58	0	54	45	54	45	840	99	170	2000	830	..
Näsiselkä	31,0	0	18	31	0	0	34	24	34	24	200	130	34	980	370	..
Lielähti	37,0	0	17	31	0	0	24	13	24	13	120	130	25	1100	320	..
Pyhäjärvi, Rajasaari	28,2	..	41	39	0	0	260	0	260	0	1300	670	78	13000	..	..
Vanajan reitti																
Mallasvesi	46,0	..	66	33	0	0	37	0	37	0	500	93	98	2200	..	..
Vanajanselkä	16,4	0	13	19	0	0	140	36	140	36	260	53	14	2300	440	..
Kärjenniemenselkä	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Rauttunselkä	39,9	..	24	26	0	0	0	0	0	0	110	62	0	4900	..	38
Makkaraselkä	32,2	..	5	9	0	0	0	0	0	0	41	22	14	570	..	..
Korteselkä	44,9	..	42	37	0	0	410	0	410	0	290	150	24	5700	..	..
Anianselkä	42,7	0	17	27	0	0	150	21	150	21	200	36	10	2100	430	..
Ikaalisten reitti																
Kyrösjärvi	34,1	..	29	44	0	0	52	0	52	0	750	180	200	2200	..	..
Kirkkojärvi	43,3	..	27	41	0	0	0	0	0	0	110	73	29	1500	..	57
Kulovesi	43,2	..	19	17	0	0	0	0	0	0	140	63	45	790	..	..
Rautavesi	33,3	..	17	36	0	0	0	0	0	0	300	130	0	4900	..	46

- | | | | | | |
|----|----------------------------|-----|-----------------------------|----|---------------|
| 1. | 2,3,5-trikloori-p-symeeni | 8. | DDE | 0 | ei havaittu |
| 2. | Heksaklooribentseeni = HCB | 9. | DDD | .. | tieto puuttuu |
| 3. | Lindaani | 10. | DDT | | |
| 4. | Oksiklordaani | 11. | Polyklooribifenyyliit = PCB | | |
| 5. | Gammaklordaani | 12. | Clophen 60A | | |
| 6. | Alfaklordaani | 13. | Heksakloorisykloheksaani | | |
| 7. | Trans-nonakloori | | | | |

